

明 細 書

OFDM受信装置及びOFDM受信方法

技術分野

[0001] 本発明は、直交周波数分割多重(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式で変調され、伝送された信号を受信する装置及び方法に関する。

背景技術

[0002] 欧州及び日本における地上デジタル放送、並びに無線LAN等の伝送方式には、OFDM方式が用いられている。OFDM方式は、互いに直交する複数のキャリアにデータを割り当てて変復調を行う伝送方式であり、送信側では逆高速フーリエ変換(IFFT: Inverse Fast Fourier Transform)処理を行い、受信側では高速フーリエ変換(FFT: Fast Fourier Transform)処理を行う。各キャリアには任意の変調方式を用いることが可能であり、QPSK(Quaternary Phase Shift Keying)、QAM(Quadrature Amplitude Modulation: 直交振幅変調)等の変調方式も選択可能となっている。

[0003] ところで、地上デジタル放送を受信する装置においては、受信されたOFDM信号中に挿入されているパイロット信号に基づいて、伝送路の周波数特性(伝送路特性)を推定し、推定した伝送路特性を用いて波形等化を行うことが一般的である。

[0004] このような伝送路特性の推定及び波形等化に関する技術の例が、下記特許文献1に記載されている。特許文献1では、FFT回路によって周波数領域の信号に変換されたOFDM信号から、受信パイロット信号を分離し、これを既知のパイロット信号で除することにより受信パイロット信号を伝送するキャリアの伝送路特性を求めている。更に、この伝送路特性をシンボルフィルタによって時間方向に平滑化、すなわち、シンボル間の補間をした後、補間回路においてキャリアの間の補間を行って伝送路特性 $H(l, kd)$ を求め、この伝送路特性 $H(l, kd)$ で受信データ信号 $Y(l, kd)$ を除することにより、等化後のデータ $X(l, kd)$ を得ている。

[0005] このように、フィルタによってシンボル間やキャリア間の補間を行って伝送路特性を推定する際には、推定された伝送路特性に雑音が重畳する。この雑音の電力(雑音電力)は、キャリア間の補間を行うために用いるフィルタの通過帯域幅を広くすれば

大きくなり、通過帯域幅を狭くすれば小さくなることがわかっている。このため、雑音の影響を排除して伝送路特性の推定精度を高めるためには、フィルタの通過帯域幅を狭くすることが有効である。

[0006] ところで、欧州及び日本における地上デジタルテレビジョン放送の伝送規格においては、ガード期間長として $T_u/4$ 、 $T_u/8$ 、 $T_u/16$ 、 $T_u/32$ (T_u :有効シンボル期間長)のいずれかを採用してOFDM信号が伝送されることになっている。受信機側では、このガード期間長に応じて、排除可能なマルチパス妨害の遅延時間が決まる。例えば、ガード期間長が $T_u/4$ の場合には、主波に対する遅延時間が最大 $T_u/4$ までの遅延波の影響を排除して受信することが可能となる。したがって、マルチパスの影響を排除して伝送路特性の推定精度を高めるためには、フィルタの通過帯域幅を広くすることが有効である。

[0007] そこで、特許文献1に記載された補間回路では、受信したOFDM信号からガード期間長を判定し、このガード期間長の判定結果に基づいて、補間回路におけるキャリア間の補間を行うフィルタ(以下、“キャリアフィルタ”と称する)の係数を制御して、このフィルタの通過帯域幅を切り替えるようにしている。すなわち、ガード期間が長い場合には通過帯域幅が広がるようにフィルタ係数を設定するようにし、ガード期間が短い場合には通過帯域幅が狭くなるようにフィルタ係数を設定するようにしている。

[0008] このように、この補間回路では、ガード期間長に合わせて補間用のフィルタの帯域幅を切り替えることによって、推定した伝送路特性に重畳する雑音成分の抑圧・低減を行うようにしている。

特許文献1:特開平11-163822号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] 以上のようにして、ガード期間長に基づいてキャリアフィルタの通過帯域幅を制御すると、ガード期間長が $T_u/4$ であるOFDM信号を受信する場合には、伝送路の推定の際に最も広い通過帯域幅を持つキャリアフィルタが使用されることになる。このとき、キャリアフィルタによる雑音成分の抑圧・低減効果は最小限になってしまうことになり、伝送路特性の推定精度が大きく劣化する。

- [0010] また、例えばガード期間長が $T_u/8$ であるOFDM信号を受信する場合には、遅延時間が $T_u/8$ を超える遅延波が存在すると、遅延時間がフィルタの通過帯域幅($T_u/8$)を超えるので、伝送路特性の推定ができなくなる。
- [0011] このようにして求められた伝送路特性の推定精度が低い場合には、復調を正確に行うことができず、OFDM信号の受信性能が大きく劣化することになる。
- [0012] 本発明は、OFDM信号の受信時における伝送路特性の推定精度を向上させることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0013] 本発明は、振幅及び位相が既知であるパイロット信号を伝送するOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重)信号を受信し復調するOFDM受信装置であって、前記受信されたOFDM信号に基づいて補間前の伝送路特性を算出し、前記補間前の伝送路特性に対して、互いに特性が異なる複数のフィルタによる補間を行うことによって複数の補間後の伝送路特性を求め、求められた複数の補間後の伝送路特性のうち、品質の高い復調信号が得られる伝送路特性を用いて、復調信号を求めるものである。
- [0014] より具体的には、本発明は、振幅及び位相が既知であるパイロット信号を伝送するOFDM信号を受信し復調するOFDM受信装置であって、前記受信されたOFDM信号がフーリエ変換されて得られた周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって補間前の伝送路特性を算出し、前記補間前の伝送路特性に対して、互いに特性が異なる複数のフィルタによる補間を行い、前記複数のフィルタのそれぞれによって得られた補間結果に基づいて、複数の補間後の伝送路特性を出力する伝送路特性推定部と、前記複数の補間後の伝送路特性によって、前記周波数領域のOFDM信号に対して波形等化を行い、前記複数の補間後の伝送路特性のそれぞれに対応した波形等化結果に基づいて、複数の復調信号を出力する等化部と、前記複数の復調信号の中から、品質が最も良好なものを判定し、判定結果を出力する判定部と、前記判定結果に従って、前記複数の復調信号の中から1つを選択して出力する選択部とを備えるものである。
- [0015] これによると、特性の異なる複数のフィルタのそれぞれから得られる伝送路特性のう

ち、品質が高い復調信号が得られるような伝送路特性を知ることができる。すなわち、伝送路特性の推定精度を高めることができ、品質が高い復調信号を得ることができる。

発明の効果

- [0016] 本発明によれば、OFDM信号の受信時において、受信信号に雑音妨害やマルチパス妨害が存在する場合でも、ガード期間長に依存することなく、妨害の状況に応じて伝送路特性の推定精度や復調信号の品質を向上させることができる。この結果、OFDM受信装置等における受信性能の向上を図ることが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]図1は、本発明の実施形態に係るOFDM受信装置の構成例を示すブロック図である。
- [図2]図2は、本発明の第1の実施形態に係るOFDM復調部の構成例を示すブロック図である。
- [図3]図3は、図1のOFDM受信装置によって受信されるOFDM信号における、パイロット信号の配置フォーマットの一例を示す図である。
- [図4]図4は、図2のシンボル補間部によってシンボル方向に補間された伝送路特性が得られる位置を示す図である。
- [図5]図5は、図2の広帯域フィルタ及び狭帯域フィルタによってキャリア方向に補間された伝送路特性が得られる位置を示す図である。
- [図6]図6(a), (b)は、ガウス雑音妨害環境下における、広帯域フィルタで得られる伝送路特性、及び狭帯域フィルタ部で得られる伝送路特性をそれぞれ示す図である。
- [図7]図7(a), (b)は、マルチパス妨害環境下における、広帯域フィルタで得られる伝送路特性、及び狭帯域フィルタで得られる伝送路特性をそれぞれ示す図である。
- [図8]図8は、図1の品質検出部の構成例を示すブロック図である。
- [図9]図9は、本発明の第2の実施形態に係るOFDM復調部の構成例を示すブロック図である。
- [図10]図10は、第2の実施形態の変形例に係るOFDM復調部の構成を示すブロック図である。

[図11]図11は、本発明の第3の実施形態に係るOFDM復調部の構成例を示すブロック図である。

[図12]図12は、本発明の第4の実施形態に係るOFDM復調部の構成例を示すブロック図である。

[図13]図13は、受信したOFDM信号に雑音を重ねている場合に、このOFDM信号のパイロットキャリアに対する伝送路特性の大きさ $|HP|$ の例を示す模式図である。

[図14]図14は、図12のIFFT部で得られるインパルス応答のレベルを示す図である。

[図15]図15(a), (b)は、雑音成分除去の前後におけるインパルス応答をそれぞれ示す図である。

[図16]図16は、図12のFFT部で得られる伝送路特性を示す図である。

[図17]図17は、図12の雑音除去部で得られた伝送路特性 HP' を示す図である。

[図18]図18は、第4の実施形態の変形例に係るOFDM復調部の構成を示すブロック図である。

符号の説明

- [0018] 16, 17, 17A, 17B, 416, 417, 516, 517 遅延部
19, 319, 419, 519 選択部
20, 220, 320 伝送路特性推定部
40, 42 シンボル補間部
43, 51, 351 広帯域フィルタ
44, 52, 352 狭帯域フィルタ
50, 53, 54, 350, 453 キャリア補間部
60, 360, 460 等化部
70, 670 雑音除去部
71, 671 IFFT部
72, 672 零置換部
73, 673 FFT部

74, 674 端部置換部

80, 380, 480 判定部

81, 82, 82A, 82B 品質検出部

83, 383 比較部

463 除算部

583 差異検出部

発明を実施するための最良の形態

[0019] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

[0020] 図1は、本発明の実施形態に係るOFDM受信装置の構成例を示すブロック図である。図1のOFDM受信装置100は、チューナ3と、OFDM復調部4と、誤り訂正部5と、情報源復号部6と、出力部7とを備えている。

[0021] 図1において、アンテナ1で受信された信号は、OFDM受信装置100内のチューナ3に供給される。チューナ3は、供給される受信信号に対して、所望のサービスを含むOFDM信号の抽出、RF (Radio Frequency: 無線周波数) 帯域からIF (Intermediate Frequency: 中間周波数) 帯域への周波数変換、ゲイン調整等を行い、その処理結果をOFDM復調部4に出力する。OFDM復調部4は、チューナ部3より供給された信号DIを伝送路の周波数特性 (伝送路特性) に基づいて復調し、復調結果DOを誤り訂正部5に出力する。

[0022] 誤り訂正部5は、OFDM復調部4の復調結果DOから、伝送されたデジタルデータを復元し、伝送路において加えられた外乱等に起因する伝送誤りをビタビ復号、リード・ソロモン復号等により訂正し、その結果を情報源復号部6に出力する。情報源復号部6は、誤り訂正部5の出力を、映像、音声等のデータに分離した後、分離後のデータにデータ伸張処理を施して、出力部7に出力する。出力部7は、情報源復号部6の出力のうち、映像情報をCRT (Cathode Ray Tube: 陰極線管) 等に表示し、音声情報をスピーカ等より出力することにより、所望のサービスを利用者に提供する。また、出力部7は、情報源復号部の出力を外部機器に出力することも可能である。

[0023] 以下では、OFDM復調部の種々の例について説明する。

[0024] (第1の実施形態)

図2は、本発明の第1の実施形態に係るOFDM復調部4の構成例を示すブロック図である。OFDM復調部4は、直交検波部11と、FFT部12と、伝送路特性推定部20と、等化部60と、判定部80と、遅延部16, 17と、選択部19とを備えている。

- [0025] 直交検波部11は、直交検波することにより、図1のチューナ3の出力を、IF帯域の信号から基底帯域(以下、ベースバンドと称する)の信号へ周波数変換し、FFT部12に出力する。この際、実数信号であるチューナ3の出力は、I(In Phase:同相)軸成分とQ(Quadrature Phase:直交位相)軸成分とからなる複素信号に変換される。
- [0026] FFT部12は、直交検波部11の出力を時間領域のOFDM信号から周波数領域のOFDM信号に変換し、得られた周波数領域のOFDM信号Yを、伝送路特性推定部20及び等化部60に出力する。FFT部12から出力される周波数領域のOFDM信号Yは、OFDM信号の各キャリアの位相と振幅を示すものであり、具体的にはI軸方向のレベルとQ軸方向のレベルとを独立に持つ複素信号の形で表される。
- [0027] 伝送路特性推定部20は、互いに特性の異なる複数のフィルタを補間のために用いて、受信したOFDM信号が伝送された伝送路の周波数特性(伝送路特性)を複数推定するものであり、伝送路特性算出部30と、シンボル補間部42と、キャリア補間部50とを備えている。
- [0028] 伝送路特性算出部30は、パイロット信号抽出部31と、除算部32と、パイロット信号発生部33とを有している。キャリア補間部50は、キャリア補間フィルタとして、広帯域フィルタ51と、狭帯域フィルタ52とを有している。等化部60は、除算部61, 62を備え、判定部80は、品質検出部81, 82と、比較部83とを備えている。
- [0029] 以上のように構成された本実施形態に係るOFDM復調部4の動作について詳細に説明する。
- [0030] 図3は、図1のOFDM受信装置によって受信されるOFDM信号における、パイロット信号の配置フォーマットの一例を示す図である。図3は、具体的には、欧州の地上デジタル放送方式(DVB-T)や日本の地上デジタル放送方式(ISDB-T)等のパイロット信号の配置フォーマットである。
- [0031] 図3において、横軸(周波数軸)のkはキャリアのインデックスを表し、縦軸(時間軸)のlはシンボルのインデックスを表す。また、黒丸はパイロット信号(SP(Scattered

Pilot:分散パイロット))であり、白丸は制御情報や付加情報を含むデータ信号(D)である。ここで、制御情報とは、DVB-TにおけるTPS(Transmission Parameter Signaling)や、ISDB-TにおけるTMCC(Transmission Multiplexing Configuration Control)であり、付加情報とは、ISDB-TにおけるAC(Auxiliary Channel)である。

[0032] 図3において、黒丸で示されたパイロット信号は、各々のシンボルに12キャリアごとに配置されており、シンボルごとに3キャリアずつシフトしている。また、パイロット信号は、擬似ランダム符号系列に基づいて変調されており、その振幅及び位相は、配置されるキャリアのインデックスkのみによって決定され、シンボルのインデックスlには依存しない。

[0033] パイロット信号抽出部31は、FFT部2より供給される周波数領域のOFDM信号から、この中に含まれるパイロット信号を抽出し、除算部32に出力する。パイロット信号発生部33は、パイロット信号抽出部31から除算部32に供給されるパイロット信号に対応する、その振幅及び位相が既知である所定のパイロット信号(ISDB-T及びDVB-TにおけるSP信号)を発生し、除算部32に出力する。

[0034] 除算部32は、パイロット信号発生部33より供給されるパイロット信号によって、パイロット信号抽出部31より供給されるパイロット信号を除算して、パイロット信号を伝送するキャリア(以下では、パイロットキャリアと称する)に対する伝送路の周波数特性、すなわち伝送路特性HPを算出し、これをシンボル補間部42に出力する。この伝送路特性HPは、補間前の伝送路特性として、図3のパイロット信号SPの挿入位置について得られる。

[0035] シンボル補間部42は、除算部32から供給される伝送路特性HPに対して、シンボル方向(時間軸方向)のフィルタリング(帯域制限)をすることによりシンボル間の補間を行い、その結果得られる伝送路特性HSを広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52に出力する。

[0036] 図4は、図2のシンボル補間部42によってシンボル方向に補間された伝送路特性が得られる位置を示す図である。図4のように、補間された伝送路特性HSは記号CTの位置について得られる。

[0037] キャリア補間部50の広帯域フィルタ51と、狭帯域フィルタ52とは、互いに特性が異

なっている。広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52は、シンボル補間部42から供給される伝送路特性HSに対して、キャリア方向(周波数軸方向)のフィルタリング(帯域制限)をすることにより、キャリア間の補間をそれぞれ行う。広帯域フィルタ51は、得られた伝送路特性HCWを除算部61に出力し、狭帯域フィルタ52は、得られた伝送路特性HCNを除算部62に出力する。

[0038] 図5は、図2の広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52によってキャリア方向に補間された伝送路特性が得られる位置を示す図である。図5のように、補間された伝送路特性HCW, HCNは、いずれも記号CFの位置について得られる。

[0039] 広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52は、FIRフィルタにより構成されている。ただし、両者の特性、すなわち通過帯域は互いに異なっており、本実施形態においては、広帯域フィルタ51の通過帯域幅を $T_u/4$ とし、狭帯域フィルタ52の通過帯域幅を $T_u/8$ とする。

[0040] 図6(a), (b)は、ガウス雑音(以下では、単に雑音と称する)妨害環境下における、広帯域フィルタ51で得られる伝送路特性、及び狭帯域フィルタ部52で得られる伝送路特性をそれぞれ示す図である。図6(a), (b)は、縦軸を信号のレベル(信号の電力)、横軸を時間軸としており、広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52のそれぞれを通過する伝送路特性及び雑音を、時間軸応答に変換して示している。

[0041] 図6に示されているように、伝送路特性はピークを有する形状になるのに対して、これに重畳する雑音はフロアに平坦に分布する。また、広帯域フィルタ51を通過する雑音の量に比べて、狭帯域フィルタ部52を通過する雑音の量は少ない。したがって、雑音妨害が存在する環境下でOFDM信号を受信する場合には、広帯域フィルタ51に比べて狭帯域フィルタ52の方が、推定精度のより高い伝送路特性が得られる。

[0042] 図7(a), (b)は、マルチパス妨害環境下における、広帯域フィルタ51で得られる伝送路特性、及び狭帯域フィルタ52で得られる伝送路特性をそれぞれ示す図である。図7(a), (b)も、縦軸を信号のレベル、横軸を時間軸としており、広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52のそれぞれを通過する伝送路特性を、時間軸応答に変換して示している。

[0043] 図7に示されているように、主波に対する遅延波の遅延時間が狭帯域フィルタ52の

通過帯域幅 $Tu/8$ を超えるような場合には、主波及び遅延波の伝送路特性は、ともに広帯域フィルタ51を通過することができるが、狭帯域フィルタ52では阻止されてしまい、ともに通過することはできない。したがって、フィルタの通過帯域幅を超えるような遅延時間の長い遅延波が生じるマルチパス妨害の環境下でOFDM信号を受信する場合には、広帯域フィルタ51の方が、狭帯域フィルタ52よりも推定精度の高い伝送路特性が得られる。

- [0044] このように、雑音やマルチパスといった妨害の要因によって、広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52のそれぞれで得られる伝送路特性HCW, HCNには、推定精度に違いが生じる場合がある。
- [0045] 除算部61は、FFT部12から供給される周波数領域のOFDM信号Yを、伝送路特性HCWで除算して、得られた復調信号XCWを遅延部16及び品質検出部81に出力する。除算部62は、FFT部12から供給される周波数領域のOFDM信号Yを、伝送路特性HCNで除算して、得られた復調信号XCNを遅延部17及び品質検出部82に出力する。すなわち、除算部61, 62は、周波数領域のOFDM信号Yの波形等化を行って、伝送路で生じたマルチパスによる波形ひずみを補償する。
- [0046] ここで、キャリア補間部50で得られる2つの伝送路特性HCW及びHCNは、妨害(雑音、マルチパス)の状況に応じて推定精度が異なるため、これらの伝送路特性に基づいて除算部61, 62のそれぞれで得られる復調信号XCW及びXCNもまた、妨害の状況によってその品質が異なったものとなる。
- [0047] 判定部80は、除算部61, 62のそれぞれから供給される復調信号XCW, XCNのうち、品質の高い方(品質の良好な方)を判定する。判定部80について説明する。品質検出部81は、復調信号XCWの品質値QCWを検出し、検出結果を比較部83に出力する。品質検出部82は、復調信号XCNの品質値QCNを検出し、検出結果を比較部83に出力する。比較部83は、品質値QCWと品質値QCNとの比較を行って品質の高い方を判定し、判定結果を選択部19に出力する。
- [0048] 図8は、図1の品質検出部81の構成例を示すブロック図である。図8のように、品質検出部81は、硬判定部86と、信号点間距離算出部87と、平均算出部88とを備えている。品質検出部82は、品質検出部81と同様に構成されているものとする。

- [0049] 硬判定部86は、復調信号XCWのキャリアのI-Q平面上における信号点に対して、そこからの距離が最も近い理想信号点を判定し、これを理想信号として信号点間距離算出部87に出力する。信号点間距離算出部87は、硬判定部86から出力された理想信号と、復調信号XCWとに基づいて、信号点間距離をキャリアごとに算出する。
- [0050] 具体的には、信号点間距離算出部87は、理想信号が示すI-Q平面上の理想信号点と、復調信号が示すI-Q平面上の信号点とに関して、I軸成分の差分値の2乗と、Q軸成分の差分値の2乗とを算出し、これらの和を信号点間距離として算出し、平均算出部88に出力する。
- [0051] 平均算出部88は、信号点間距離算出部87でキャリアごとに得られる信号点間距離に対して、複数のキャリアにわたって平均値を算出する。この平均値を算出する期間としては、1シンボル内としてもよいし、複数のシンボルにわたる期間としてもよい。算出期間が長いほど復調信号の品質の検出精度が高くなる。逆に算出期間を短くすれば、判定部80において判定結果が得られるまでの時間が短くなることから、遅延部16及び17における遅延器のハードウェア量が少なくて済む。
- [0052] このように構成された判定部80によると、妨害の状況によって品質の異なる2つの復調信号XCW及びXCNからそれぞれの信号の品質値QCW及びQCNを算出し、算出された品質値QCW及びQCNの比較結果に基づいて、より品質の高い復調信号を判定することができる。
- [0053] 遅延部16及び17は、復調信号XCW, XCNをそれぞれ遅延させて、選択部19に出力する。選択部19は、判定部80から出力された判定結果に従って、復調信号XCW及びXCNから品質の良好なものを1つ選択し、選択結果を復調信号DOとして誤り訂正部5に出力する。
- [0054] ここで、遅延部16及び17は、例えば、判定部80での品質値の検出、比較、判定に要する時間だけ、復調信号XCW, XCNをそれぞれ遅延させる。すると、復調信号XCW, XCNが選択部19に入力されるタイミングと、これらの復調信号について判定部80で行われた判定結果が選択部19に入力されるタイミングとのずれがなくなる。このため、妨害の状況が変化する等によって、キャリア補間部50から出力される2つの伝

送路特性HCW及びHCNの推定精度の状況が変化した場合であっても、OFDM復調部4は、この変化にすばやく追従して、適切な復調信号DOを出力することができる。

- [0055] なお、遅延部16及び17を備えないようにしてもよい。この場合、遅延部16、17に要する回路コストの低減を図ることができる。
- [0056] 本実施形態において、キャリア補間部50は、2種類のフィルタを備えるものとして説明を行ったが、更に多くの種類のフィルタを備えるようにしてもよい。この場合も、各フィルタで得られる伝送路特性による波形等化を行い、この結果得られる復調信号の中から、最も品質の高い復調信号を選択するようにすればよい。妨害の状況に応じてより柔軟に復調信号の品質の精度を選ぶことができるので、OFDM受信装置の受信性能を向上させることができる。
- [0057] また、本実施形態において、キャリア補間部50は、通過帯域(通過帯域幅)の異なる複数のフィルタを備えるものとして説明を行ったが、これに代えて、通過帯域幅は同じでも通過帯域を互いにずらした(通過帯域の中心位置を互いにずらした)フィルタを複数備えるようにしてもよい。例えば、通過帯域幅 $T_u/4$ のフィルタを2つ備え、一方は通過帯域を0から $T_u/4$ とするもの(中心位置は $T_u/2$)とし、他方は通過帯域を $-T_u/8$ から $+T_u/8$ とするもの(中心位置は0)としてもよい。この場合には、多様な遅延時間を有するマルチパス妨害の状況下でもより柔軟に復調信号の品質の精度を選ぶことができるので、OFDM受信装置の受信性能を向上させることができる。更に、通過帯域幅が異なり、かつ、それらの通過帯域をずらした(通過帯域の中心位置を互いにずらした)複数のフィルタを備えるようにしてもよい。
- [0058] このように、本実施形態のOFDM受信装置は、受信したOFDM信号の復調に際して、特性(通過帯域)の異なる複数のフィルタのそれぞれから得られる伝送路特性に基づいて、波形等化を行い、この結果得られる複数の復調信号の中から最も良好な品質のものを判定し、選択するようにしている。このため、ガード期間長に依存することなく、ガウス雑音妨害及びマルチパス妨害のいずれをも受ける可能性がある状況下においても、OFDM受信装置の受信性能の向上を図ることができる。
- [0059] (第2の実施形態)

図9は、本発明の第2の実施形態に係るOFDM復調部204の構成例を示すブロック図である。第2の実施形態では、図1のOFDM受信装置において、OFDM復調部4に代えて、OFDM復調部204を用いる。図9のOFDM復調部204は、図2のOFDM復調部4において、伝送路特性推定部20に代えて伝送路特性推定部220を備えたものである。その他の構成要素は、図2を参照して説明したものと同様であるので、同一の参照番号を付してその説明を省略する。

- [0060] 伝送路特性推定部220は、伝送路特性算出部30と、シンボル補間部40と、キャリア補間部53, 54とを有している。伝送路特性算出部30は、図2を参照して説明したものと同様である。
- [0061] シンボル補間部40は、互いに特性の異なる広帯域フィルタ43と、狭帯域フィルタ44とを備えている。これらのフィルタは、通過帯域が互いに異なっている。広帯域フィルタ43及び狭帯域フィルタ44は、除算部32から供給される伝送路特性HPに対して、シンボル方向のフィルタリングをすることにより、シンボル間の補間をそれぞれ行う。広帯域フィルタ43は、得られた伝送路特性HSWをキャリア補間部53に出力し、狭帯域フィルタ44は、得られた伝送路特性HSNをキャリア補間部54に出力する。補間された伝送路特性HSW, HSNは、図4の記号CTの位置について得られる。
- [0062] ここで、広帯域フィルタ43及び狭帯域フィルタ44は、いずれもFIRフィルタにより構成されている。本実施形態においては、広帯域フィルタ43は1次補間フィルタとして構成され、狭帯域フィルタ44は0次補間フィルタとして構成されているものとする。
- [0063] より具体的には、広帯域フィルタ43は、4シンボルごとに得られるパイロット信号に対応する伝送路特性HPに基づいて、シンボルのタイミングに応じて直線的に補間を行う。移動受信時等の伝送路特性の時間的な変動が大きい場合（フェージング妨害時）には伝送路特性に関する比較的高い推定精度が確保できるものの、雑音の抑圧効果が比較的低いため、雑音妨害時には推定精度が劣化する場合がある。
- [0064] 一方、狭帯域フィルタ44は、受信したシンボルの前後のシンボルに挿入されたパイロット信号に対応する伝送路特性HPの平均値で補間を行うものであり、その通過帯域幅は広帯域フィルタ43よりも狭くなる。したがって、フェージング妨害時等の伝送路特性の時間的な変動が大きい場合には伝送路特性に関する推定精度が劣化する

が、雑音の抑圧効果が比較的高いため、雑音妨害時には比較的高い推定精度が確保できる。

- [0065] このように、雑音やフェージングといった妨害の要因によって、広帯域フィルタ43及び狭帯域フィルタ44のそれぞれで得られる伝送路特性HSW及びHSNには、推定精度に違いが生じる場合がある。
- [0066] キャリア補間部53は、伝送路特性HSWに対するキャリア間の補間を行って、得られた補間後の伝送路特性HCWを除算部61に出力する。キャリア補間部54は、伝送路特性HSNに対するキャリア間の補間を行って、得られた補間後の伝送路特性HCNを除算部62に出力する。
- [0067] 伝送路特性推定部220で得られる2つの伝送路特性HCW及びHCNは、妨害(雑音、フェージング)の状況に応じて推定精度が異なるので、これらの伝送路特性に基づいて等化部60で得られる復調信号XCW及びXCNもまた、妨害の状況によってその品質が異なったものとなる。
- [0068] 以上のように、本実施形態においても、妨害の状況によって品質の異なる2つの復調信号XCW及びXCNからそれぞれの信号の品質値を算出し、算出された品質値に基づいて、より品質の高い復調信号を選択することができる。
- [0069] 本実施形態において、シンボル補間部40は、2種類のフィルタを備えるものとして説明を行ったが、更に多くの種類のフィルタを備えるようにしてもよい。この場合も、各フィルタで得られる伝送路特性による波形等化を行い、この結果得られる復調信号の中から、最も品質の高い復調信号を選択するようにすればよい。妨害の状況に応じてより柔軟に復調信号の品質の精度を選ぶことができるので、OFDM受信装置の受信性能を向上させることができる。
- [0070] 図10は、第2の実施形態の変形例に係るOFDM復調部の構成を示すブロック図である。図10のOFDM復調部304は、図9のOFDM復調部204における、伝送路特性推定部220、等化部60、判定部80、遅延部17及び選択部19に代えて、伝送路特性推定部320、等化部360、判定部380、遅延部17A及び選択部319をそれぞれ備え、遅延部17Bを更に備えたものである。
- [0071] 伝送路特性推定部320は、伝送路特性推定部220において、キャリア補間部54に

代えてキャリア補間部350を備えたものである。キャリア補間部350は、キャリア補間フィルタとして、広帯域フィルタ351と、狭帯域フィルタ352とを有している。広帯域フィルタ351及び狭帯域フィルタ352は、図2の広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52とそれぞれ同様のものである。等化部360は、除算部61, 62A, 62Bを備えている。判定部380は、品質検出部81, 82A, 82Bと、比較部383とを備えている。

[0072] 広帯域フィルタ351及び狭帯域フィルタ352は、シンボル補間部42から供給される伝送路特性HSNに対して、キャリア方向のフィルタリングをすることにより、キャリア間の補間をそれぞれ行う。広帯域フィルタ351は、得られた伝送路特性HCW1を除算部62Aに出力し、狭帯域フィルタ352は、得られた伝送路特性HCN1を除算部62Bに出力する。

[0073] 除算部62Aは、FFT部12から供給される周波数領域のOFDM信号Yを、伝送路特性HCW1で除算して、得られた復調信号XCN1を遅延部17A及び品質検出部82Aに出力する。除算部62Bは、FFT部12から供給される周波数領域のOFDM信号Yを、伝送路特性HCN1で除算して、得られた復調信号XCN2を遅延部17B及び品質検出部82Bに出力する。

[0074] 品質検出部82Aは、復調信号XCN1の品質値QCN1を検出し、検出結果を比較部383に出力する。品質検出部82Bは、復調信号XCN2の品質値QCN2を検出し、検出結果を比較部383に出力する。比較部383は、品質値QCW, QCN1及びQCN2の間で比較を行って、最も品質の高いものを判定し、判定結果を選択部319に出力する。

[0075] 遅延部17A, 17Bは、遅延部16と同様のものであり、復調信号XCN1, XCN2をそれぞれ遅延させて、選択部319に出力する。選択部319は、判定部380から出力された判定結果に従って、復調信号XCW, XCN1及びXCN2から品質の最も良好なものを1つ選択し、選択結果を復調信号DOとして誤り訂正部5に出力する。

[0076] 図10のOFDM復調部304によると、より多くの復調信号から、雑音妨害、マルチパス妨害、フェージング妨害等の状況に応じて選択を行うことができるので、受信性能を更に向上させることができる。例えば、図9のOFDM復調部204におけるキャリア補間部53, 54、及び図10のOFDM復調部304におけるキャリア補間部53のフィル

タが、いずれも広帯域フィルタ351と同じ特性のものであるとする。このような場合であって、受信信号に雑音妨害のみが存在するようなときには、OFDM復調部304は、重畳する雑音の量が他の伝送路特性HCW, HCN, HCW1のいずれよりも少ない伝送路特性HCN1を得ることができるので、OFDM復調部204に比べて、雑音妨害環境下での受信性能を向上させることができる。

[0077] なお、図10のOFDM復調部において、キャリア補間部53に代えて、キャリア補間部350を備えるようにしてもよい。すなわち、4通りの伝送路特性を算出し、各伝送路特性に基づいて波形等化を行って4通りの復調信号を求め、その中から最も品質の高い復調信号を選択するようにしてもよい。

[0078] (第3の実施形態)

図11は、本発明の第3の実施形態に係るOFDM復調部404の構成例を示すブロック図である。第3の実施形態では、図1のOFDM受信装置において、OFDM復調部4に代えて、OFDM復調部404を用いる。

[0079] 図11のOFDM復調部404は、直交検波部11と、FFT部12と、伝送路特性算出部30と、シンボル補間部40と、等化部460と、判定部480と、遅延部416, 417と、選択部419と、キャリア補間部453と、除算部463とを備えている。図2及び図9を参照して説明したものと同一の構成要素には、同一の参照番号を付してその説明を省略する。

[0080] 等化部460は、除算部461, 462を備えている。除算部461は、FFT部12から供給される周波数領域のOFDM信号Yを、広帯域フィルタ43から出力された伝送路特性HSWで除算して、得られた復調信号XSWを品質検出部481に出力する。除算部462は、FFT部12から供給される周波数領域のOFDM信号Yを、狭帯域フィルタ44から出力された伝送路特性HSNで除算して、得られた復調信号XSNを品質検出部482に出力する。

[0081] シンボル補間部40で得られる2つの伝送路特性HSW及びHSNは、妨害(雑音、フェージング)の状況に応じて推定精度が異なるため、これらの伝送路特性に基づいて除算部461, 462のそれぞれで得られる復調信号XSW及びXSNもまた、妨害の状況によってその品質が異なったものとなる。なお、シンボル補間部40で得られる伝

送路特性HSW及びHSNは、図4において、パイロット信号が伝送されるキャリアの記号CTで示された位置について得られるものであり、等化部460で得られる復調信号XSW及びXSNもまた、これらと同じ位置について得られるものである。

- [0082] 判定部480は、品質検出部481、482と、比較部483とを備えている。これらの構成要素は、図2の判定部80におけるものと同様に構成されている。判定部480は、復調信号XSW及びXSNのうち、品質の高い方(品質の良好な方)を判定する。品質検出部481は、復調信号XSWの品質値QSWを検出し、検出結果を比較部483に出力する。品質検出部482は、復調信号XSNの品質値QSNを検出し、検出結果を比較部483に出力する。比較部483は、品質値QSWと品質値QSNとの比較を行って品質の高い方を判定し、判定結果を選択部419に出力する。
- [0083] このように構成された判定部480によると、妨害の状況によって品質の異なる2つの復調信号XSW及びXSNからそれぞれの信号の品質値QSW及びQSNを算出し、算出された品質値QSW及びQSNの比較結果に基づいて、より推定精度の高い伝送路特性を判定することができる。
- [0084] 遅延部416及び417は、伝送路特性HSW及びHSNをそれぞれ遅延させて、選択部419に出力する。選択部419は、判定部480から出力された判定結果に従って、伝送路特性HSW及びHSNから品質の良好なものを1つ選択し、選択された伝送路特性HSをキャリア補間部453に出力する。
- [0085] ここで、遅延部416及び417は、例えば、等化部460及び判定部480での処理に要する時間だけ、伝送路特性HSW及びHSNをそれぞれ遅延させる。すると、伝送路特性HSW及びHSNが選択部419に入力されるタイミングと、これらの伝送路特性について判定部480で行われた判定結果が選択部419に入力されるタイミングとのずれがなくなる。このため、シンボル補間部40から出力される2つの伝送路特性HSW及びHSNの推定精度の状況が変化した場合であっても、OFDM復調部404は、この変化にすばやく追従することができる。
- [0086] なお、遅延部416及び417を備えないようにしてもよい。この場合、遅延部416、417に要する回路コストの低減を図ることができる。
- [0087] キャリア補間部453は、選択部419で選択された伝送路特性HSに対してキャリア

方向のフィルタリングをすることにより、キャリア間の補間を行う。キャリア補間部453は、補間された伝送路特性HCを除算部463に出力する。図5のように、補間された伝送路特性HCは、記号CFの位置について得られる。

[0088] 除算部463は、FFT部12から供給される周波数領域のOFDM信号Yを、伝送路特性HCで除算して、得られた復調信号DOを出力する。すなわち、除算部463は、周波数領域のOFDM信号Yの波形等化を行って、伝送路で生じたマルチパスによる波形ひずみを補償する。

[0089] 本実施形態によれば、キャリア補間前の伝送路特性から適切なものを選択するので、判定部における演算量を抑えることができる。

[0090] (第4の実施形態)

図12は、本発明の第4の実施形態に係るOFDM復調部504の構成例を示すブロック図である。OFDM復調部504は、直交検波部11と、FFT部12と、伝送路特性算出部30と、シンボル補間部42と、キャリア補間部50と、雑音除去部70と、差異検出部583と、遅延部516, 517と、選択部519と、除算部461とを備えている。直交検波部11、FFT部12、伝送路特性算出部30、シンボル補間部42、及びキャリア補間部50については、図2を参照して説明したものと同様であるので、詳細な説明を省略する。

[0091] 雑音除去部70は、伝送路特性HPに対してIFFTを行ってインパルス応答を算出し、このインパルス応答に基づいて伝送路特性HPに重畳する雑音成分を除去し、雑音除去後の伝送路特性HP'をシンボル補間部42に出力する。雑音除去部70は、IFFT部71と、零置換部72と、FFT部73と、端部置換部74とを備えている。

[0092] 図13は、受信したOFDM信号に雑音が重畳している場合に、このOFDM信号のパイロットキャリアに対する伝送路特性の大きさ $|HP|$ の例を示す模式図である。伝送路特性の大きさ $|HP|$ は、理想的な場合は一定であるが、図13では、帯域全体にわたって歪が生じている。

[0093] IFFT部71は、伝送路特性算出部30で得られた伝送路特性HPに対して、シンボルごとにIFFTを行って、周波数領域の信号から時間領域の信号への変換を行い、得られた時間領域の信号、すなわち、インパルス応答を零置換部72に出力する。こ

のインパルス応答はI軸及びQ軸の各方向の成分を持つ複素信号(ベクトル)の形式で得られる。

- [0094] 図14は、図12のIFFT部71で得られるインパルス応答のレベル(大きさの2乗)を示す図である。図14からわかるように、伝送路特性のレベルは局所的にピークを持つが、雑音成分は領域全体のフロア部分にわたって分布している。零置換部72は、このインパルス応答から雑音成分の除去を行う。
- [0095] 図15(a), (b)は、雑音成分除去の前後におけるインパルス応答をそれぞれ示す図である。図15(a)のように、零置換部72は、所定のレベルに閾値を設定する。零置換部72は、IFFT部71から出力されたインパルス応答のI軸成分の2乗値とQ軸成分の2乗値との和をインパルス応答の電力として算出し、このインパルス応答の電力と設定された閾値との比較を行い、閾値より小さな電力を示すインパルス応答を“0ベクトル”に置換し、閾値より小さくない電力を示すインパルス応答をそのままFFT部73に出力する。零置換部72は、図15(b)のように置換後のインパルス応答を出力する。
- [0096] FFT部73は、雑音成分除去後のインパルス応答をFFTして、これを再び周波数領域の信号に変換し、端部置換部74に出力する。図16は、図12のFFT部73で得られる伝送路特性を示す図である。図16に示すように、データの打ち切りの影響により、帯域の両端部の特性が劣化する場合がある。端部置換部74は、帯域両端部の特性劣化を避けることを目的として、上記の雑音除去処理をバイパスするために設けられている。
- [0097] 端部置換部74は、FFT部73から出力された伝送路特性のうち、帯域の中央部を含む所定の周波数帯域内の伝送路特性はそのまま出力し、この周波数帯域以外の帯域、すなわち、特性劣化の大きな帯域端部(低域部及び高域部)周辺の伝送路特性は、雑音成分除去前の伝送路特性HPに置き換えて出力する。端部置換部74は、得られた伝送路特性HP'をシンボル補間部42に出力する。このとき、置換が施されていない帯域の中央部の伝送路特性HP'に関しては、雑音が除去されており、置換の施された帯域端部の伝送路特性HP'に関しては、雑音が除去されていないことになる。

- [0098] 図17は、図12の雑音除去部70で得られた伝送路特性 HP' を示す図である。図17のように、帯域の中央部に関しては雑音の影響が除去されているが、帯域の両端部に関しては雑音が除去されずに残留している。
- [0099] なお、雑音除去部70において、打ち切りの影響を軽減するために、伝送路特性 H に適切な窓関数を乗じてからIFFTを行うようにしてもよいし、FFT部73で得られる伝送路特性をこの窓関数で除するようにしてもよい。
- [0100] シンボル補間部42は、雑音除去後の伝送路特性 HP' に対してシンボル間のフィルタリングを行うことによってシンボル方向の補間を行い、シンボル補間後の伝送路特性 HS をキャリア補間部50の広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52に出力する。広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52は、伝送路特性 HCW 及び HCN をそれぞれ算出する。広帯域フィルタ51は、得られた伝送路特性 HCW を遅延部516及び差異検出部583に出力し、狭帯域フィルタ52は、得られた伝送路特性 HCN を遅延部517及び差異検出部583に出力する。
- [0101] 雑音除去部70の出力をシンボル方向に補間して得られる伝送路特性 HS は、帯域の中央部に関しては雑音が除去されている。このため、雑音妨害環境下における広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52のそれぞれから得られる伝送路特性 HCW 、 HCN のうち、帯域の中央部に関しては、雑音の影響による両者の差異はほとんどない。
- [0102] 一方、マルチパス妨害が存在する環境下において、特に遅延時間が狭帯域フィルタ52の通過帯域幅を超えるような場合には、伝送路特性 HCW と HCN とに差異が生じる(図7(a), (b))。このような場合、広帯域フィルタ51では正しい伝送路特性が得られるが、狭帯域フィルタ52では正しい伝送路特性が得られない。したがって、広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52のそれぞれで得られる伝送路特性 HCW と伝送路特性 HCN とには、大きな差異が生じることになる。
- [0103] また、すでに説明したように、キャリア補間に用いられるフィルタの通過帯域幅が広いほど、遅延時間の長い遅延波の推定が可能となる一方、推定された伝送路特性に重畳する雑音の量は多くなる。
- [0104] そこで、差異検出部583は、帯域中央部(又はその一部)において、伝送路特性 H

CWと伝送路特性HCNとの間の差異の有無(又は、差異の値が一定の範囲を越えていること)を検出し、検出結果を選択部519に出力する。

- [0105] 差異検出部583における差異の検出の際には、帯域中央部における伝送路特性HCWと伝送路特性HCNとに関して、I軸成分の差分値とQ軸成分の差分値を算出し、更にこれらの2乗の和を差分電力としてキャリアごとに算出し、その差分電力の最大値が所定値を越える否かによって判断すればよい。また、帯域中央部における伝送路特性HCWと伝送路特性HCNとの間の差分電力の大きさを帯域中央部に属するキャリア全体にわたって累積し、累積結果が所定値を越える否かによって判断してもよい。なお、差異検出部583における差異の検出の際には、帯域中央部又は帯域中央部の一部において差異を検出するようにしてもよい。
- [0106] 遅延部516及び517は、伝送路特性HCW及びHCNをそれぞれ遅延させて、選択部519に出力する。選択部519は、伝送路特性HCW及びHCNのうち、いずれか一方を、差異検出部583から出力された検出結果に基づいて選択し、選択された伝送路特性HCを除算部461に出力する。
- [0107] すなわち、帯域中央部における伝送路特性HCWと伝送路特性HCNとの間に差異がない(又は、差異の値が一定の範囲内に収まっている)場合には、雑音抑圧効果の高い狭帯域フィルタ52より得られる伝送路特性HCNを選択し、帯域全体に対する伝送路特性HCとして出力する。この結果、両端部での雑音の影響が軽減された伝送路特性を得ることができる。
- [0108] 一方、帯域中央部における伝送路特性HCWとHCNとの間に差異がある(又は、差異の値が一定の範囲を超えている)場合には、帯域端部における伝送路特性として、マルチパス伝送路における推定精度の高い広帯域フィルタ51より得られる伝送路特性HCWを選択し、帯域全体に対する伝送路特性HCとして出力する。この結果、マルチパス伝送路の推定精度の向上した伝送路特性を得ることができる。
- [0109] ここで、遅延部516及び517は、例えば、差異検出部583での処理に要する時間だけ、伝送路特性HCW及びHCNをそれぞれ遅延させる。すると、伝送路特性HCW及びHCNが選択部519に入力されるタイミングと、これらの伝送路特性についての差異検出部583による検出結果が選択部519に入力されるタイミングとのずれが

なくなる。このため、キャリア補間部50から出力される2つの伝送路特性HCW及びHCNの推定精度の状況が変化した場合であっても、OFDM復調部504は、この変化にすばやく追従することができる。

- [0110] 除算部461は、周波数領域のOFDM信号Yを伝送路特性HCで除算して、周波数領域のOFDM信号Yの波形等化を行う。これにより、除算部461は、伝送路で生じた、マルチパス妨害による波形ひずみを補償し、その結果得られた復調信号DOを出力する。
- [0111] このようにして得られる帯域全体に対する伝送路特性HCは、雑音妨害やマルチパス妨害が存在する環境下で、伝送路特性の推定に用いる複数のフィルタの出力から適切に選択して得られるものである。伝送路の推定精度が高く、この伝送路特性を用いて波形等化を行えば受信性能の向上を図ることができる。また、複数のフィルタ出力からの選択をシンボルごとに行うことができるので、伝送路特性が変動する環境下における追従性についても非常に優れている。
- [0112] なお、遅延部516及び517を備えないようにしてもよい。この場合、遅延部516、517に要する回路コストの低減を図ることができる。
- [0113] また、選択部519は、帯域中央部における伝送路特性HCWと伝送路特性HCNとの間の差異の検出結果に基づいて両者より一方を選択する際には、帯域全体の伝送路特性として、伝送路特性HCW及びHCNのうちのいずれかを選択するようにしてもよいし、又は、帯域中央部については常に伝送路特性HCWを選択し、帯域端部のみを伝送路特性HCW及びHCNのうちのいずれかより選択するようにしてもよい。すでに説明したように、帯域中央部における伝送路特性に関しては雑音の影響が除去されているので、帯域中央部では常に伝送路特性HCWを用いるようにしても問題はない。
- [0114] また、帯域端部のみについて選択をする場合には、一方の端部、例えば高域側の端部のみについて、いずれかの伝送路特性を選択するようにしてもよい。この場合には、遅延部516及び517における遅延器のハードウェア量が少なくて済む。
- [0115] 図18は、第4の実施形態の変形例に係るOFDM復調部604の構成を示すブロック図である。OFDM復調部604は、図12のOFDM復調部504において、雑音除去

部70に代えて雑音除去部670を備え、シンボル補間処理後に雑音除去処理を行うようにしたものである。

[0116] シンボル補間部42は、伝送路特性算出部30で得られた伝送路特性HPに対して、シンボル間のフィルタリングを行うことによってシンボル方向の補間を行い、シンボル補間後の伝送路特性を雑音除去部670に出力する。

[0117] 雑音除去部670は、IFFT部671と、零置換部672と、FFT部673と、端部置換部674とを備えており、図12の雑音除去部70とほぼ同様に構成されている。雑音除去部670は、シンボル補間部42から出力された伝送路特性に対して、雑音除去部70と同様に伝送路特性に重畳する雑音成分を除去し、雑音除去後の伝送路特性HSを広帯域フィルタ51及び狭帯域フィルタ52に出力する。

[0118] このように、シンボル方向の補間を先に行ってから、雑音除去処理を行うようにしても、帯域の中央部に関して雑音を除去することができる。

[0119] なお、以上の実施形態において、シンボル補間部又はキャリア補間部が、複数のフィルタを備える場合には、特性の異なる2種類のフィルタを備えるものとして説明を行ったが、更に多くの種類のフィルタを備えるようにしてもよい。この場合も、各フィルタで得られる伝送路特性による波形等化を行い、この結果得られる復調信号の中から、最も品質の高い復調信号を選択するようにすればよい。妨害の状況に応じてより柔軟に復調信号の品質の精度を選ぶことができるので、OFDM受信装置の受信性能を向上させることができる。

産業上の利用可能性

[0120] 以上説明したように、本発明は、ガウス雑音やマルチパス等の伝送路の妨害条件に左右されることなく、また、ガード期間長に依存することなく、適応的に伝送路特性の推定精度を向上させたり、復調信号の品質を高めることができるので、デジタル放送や無線LAN等のOFDM信号を受信するOFDM受信装置等として有用である。

請求の範囲

- [1] 振幅及び位相が既知であるパイロット信号を伝送するOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重) 信号を受信し復調するOFDM受信装置であって、
- 前記受信されたOFDM信号がフーリエ変換されて得られた周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって補間前の伝送路特性を算出し、前記補間前の伝送路特性に対して、互いに特性が異なる複数のフィルタによる補間を行い、前記複数のフィルタのそれぞれによって得られた補間結果に基づいて、複数の補間後の伝送路特性を出力する伝送路特性推定部と、
- 前記複数の補間後の伝送路特性によって、前記周波数領域のOFDM信号に対して波形等化を行い、前記複数の補間後の伝送路特性のそれぞれに対応した波形等化結果に基づいて、複数の復調信号を出力する等化部と、
- 前記複数の復調信号の中から、品質が最も良好なものを判定し、判定結果を出力する判定部と、
- 前記判定結果に従って、前記複数の復調信号の中から1つを選択して出力する選択部と
- を備えるOFDM受信装置。
- [2] 請求項1に記載のOFDM受信装置において、
- 前記伝送路特性推定部は、
- 前記周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって前記補間前の伝送路特性を算出する伝送路特性算出部と、
- 前記補間前の伝送路特性に対して、シンボル方向の補間を行い、シンボル方向に補間された伝送路特性を出力するシンボル補間部と、
- 互いに通過帯域の異なる複数のキャリア補間フィルタを有し、前記シンボル方向に補間された伝送路特性に対するキャリア方向の補間を、前記複数のキャリア補間フィルタのそれぞれによって行い、その結果を、前記複数の補間後の伝送路特性として出力するキャリア補間部とを有するものである
- ことを特徴とするOFDM受信装置。

- [3] 請求項1に記載のOFDM受信装置において、
前記伝送路特性推定部は、
前記周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって前記補間前の伝送路特性を算出する伝送路特性算出部と、
互いに通過帯域の異なる複数のフィルタを有し、前記補間前の伝送路特性に対するシンボル方向の補間を、前記複数のフィルタのそれぞれによって行い、その結果を、シンボル方向に補間された複数の伝送路特性として出力するシンボル補間部と、
前記シンボル方向に補間された複数の伝送路特性にそれぞれ対応する、複数のキャリア補間部とを有するものであり、
前記複数のキャリア補間部は、
それぞれに対応する前記シンボル方向に補間された伝送路特性に対してキャリア方向の補間を行い、その結果に基づいて、前記複数の補間後の伝送路特性を出力するものである
ことを特徴とするOFDM受信装置。
- [4] 請求項3に記載のOFDM受信装置において、
前記複数のキャリア補間部のうちの少なくとも1つは、
互いに通過帯域の異なる複数のキャリア補間フィルタを有し、当該キャリア補間部に対応する前記シンボル方向に補間された伝送路特性に対するキャリア方向の補間を、当該キャリア補間部の前記複数のキャリア補間フィルタのそれぞれによって行うものである
ことを特徴とするOFDM受信装置。
- [5] 請求項1に記載のOFDM受信装置において、
前記等化部から出力された複数の復調信号にそれぞれ対応し、対応する復調信号を遅延させて前記選択部に出力する、複数の遅延部を更に備え、
前記複数の遅延部は、それぞれ、
前記選択部において、前記判定結果が得られるタイミングと前記遅延させられた復調信号が得られるタイミングとが一致するように、前記対応する復調信号を遅延させるものである

ことを特徴とするOFDM受信装置。

- [6] 請求項1に記載のOFDM受信装置において、
前記判定部は、
前記等化部で得られた複数の復調信号にそれぞれ対応し、対応する復調信号の品質値を求める、複数の品質検出部と、
前記複数の品質検出部で求められた品質値に基づいて判定を行う比較部とを有するものであり、
前記複数の品質検出部は、それぞれ、
前記対応する復調信号に対する硬判定を行って基準信号点を求め、前記対応する復調信号を構成する各キャリアについて、求められた基準信号点と、硬判定前の信号点との間の距離を求め、求められた距離を前記対応する復調信号を構成する複数のキャリアについて平均して得られる平均値に応じた値を前記品質値として出力するものである

ことを特徴とするOFDM受信装置。

- [7] 振幅及び位相が既知であるパイロット信号を伝送するOFDM信号を受信し復調するOFDM受信装置であって、
前記受信されたOFDM信号がフーリエ変換されて得られた周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって補間前の伝送路特性を算出する伝送路特性算出部と、
互いに通過帯域の異なる複数のフィルタを有し、前記補間前の伝送路特性に対するシンボル方向の補間を、前記複数のフィルタのそれぞれによって行い、その結果を、シンボル方向に補間された複数の伝送路特性として出力するシンボル補間部と、
前記周波数領域のOFDM信号に対する波形等化を、前記シンボル方向に補間された複数の伝送路特性のそれぞれによって行い、その結果に基づいて、複数の復調信号を出力する等化部と、
前記複数の復調信号の中から、品質が最も良好なものを判定し、判定結果を出力する判定部と、
前記判定結果に従って、前記シンボル方向に補間された複数の伝送路特性の中

から、1つを選択して出力する選択部と、

前記選択部で選択された伝送路特性に対してキャリア方向の補間を行って、キャリア方向に補間された伝送路特性を出力するキャリア補間部と、

前記キャリア方向に補間された伝送路特性によって、前記周波数領域のOFDM信号に対する除算を行い、得られた結果を復調信号として出力する除算部とを備えるOFDM受信装置。

[8] 請求項7に記載のOFDM受信装置において、

前記シンボル方向に補間された複数の伝送路特性にそれぞれ対応し、前記対応する伝送路特性を遅延させて前記選択部に出力する、複数の遅延部を更に備え、前記複数の遅延部は、それぞれ、

前記選択部において、前記判定結果が得られるタイミングと前記遅延させられた伝送路特性が得られるタイミングとが一致するように、前記対応する伝送路特性を遅延させるものである

ことを特徴とするOFDM受信装置。

[9] 請求項7に記載のOFDM受信装置において、

前記判定部は、

前記等化部で得られた複数の復調信号にそれぞれ対応し、対応する復調信号の品質値を求める、複数の品質検出部と、

前記複数の品質検出部で求められた品質値に基づいて判定を行う比較部とを有するものであり、

前記複数の品質検出部は、それぞれ、

前記対応する復調信号に対する硬判定を行って基準信号点を求め、前記対応する復調信号を構成する各キャリアについて、求められた基準信号点と、硬判定前の信号点との間の距離を求め、求められた距離を前記対応する復調信号を構成する複数のキャリアについて平均して得られる平均値に応じた値を前記品質値として出力するものである

ことを特徴とするOFDM受信装置。

[10] 振幅及び位相が既知であるパイロット信号を伝送するOFDM信号を受信し復調す

るOFDM受信装置であって、

前記受信されたOFDM信号がフーリエ変換されて得られた周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって補間前の伝送路特性を算出する伝送路特性算出部と、

前記補間前の伝送路特性から、所定の周波数帯域における雑音の除去を行い、得られた雑音除去後の伝送路特性を出力する雑音除去部と、

前記雑音除去後の伝送路特性に対して、シンボル方向の補間を行い、シンボル方向に補間された伝送路特性を出力するシンボル補間部と、

互いに通過帯域の異なる複数のキャリア補間フィルタを有し、前記シンボル方向に補間された伝送路特性に対するキャリア方向の補間を、前記複数のキャリア補間フィルタのそれぞれによって行い、その結果を、キャリア方向に補間された複数の伝送路特性として出力するキャリア補間部と、

前記所定の周波数帯域又はその一部において、前記キャリア方向に補間された複数の伝送路特性間の差異を検出する差異検出部と、

前記差異検出部における検出結果に従って、前記キャリア方向に補間された複数の伝送路特性の中から1つを選択して出力する選択部と、

前記選択部で選択された伝送路特性によって、前記周波数領域のOFDM信号に対する除算を行い、得られた結果を復調信号として出力する除算部とを備えるOFDM受信装置。

[11] 請求項10に記載のOFDM受信装置において、

前記雑音除去部は、

入力された伝送路特性を逆フーリエ変換して、得られたインパルス応答を出力する逆フーリエ変換部と、

前記インパルス応答のうち、所定の大きさに満たないものを0ベクトルに置換して出力する零置換部と、

前記零置換部の出力をフーリエ変換して出力するフーリエ変換部と、

前記フーリエ変換部の出力のうち、前記所定の周波数帯域についてはそのまま出力し、前記所定の周波数帯域以外の周波数帯域については、前記逆フーリエ変換

部に入力された伝送路特性に置換して出力する端部置換部とを有するものであることを特徴とするOFDM受信装置。

- [12] 振幅及び位相が既知であるパイロット信号を伝送するOFDM信号を受信し復調するOFDM受信装置であって、

前記受信されたOFDM信号がフーリエ変換されて得られた周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって補間前の伝送路特性を算出する伝送路特性算出部と、

前記補間前の伝送路特性に対して、シンボル方向の補間を行い、シンボル方向に補間された伝送路特性を出力するシンボル補間部と、

前記シンボル方向に補間された伝送路特性から、所定の周波数帯域における雑音の除去を行い、得られた雑音除去後の伝送路特性を出力する雑音除去部と、

互いに通過帯域の異なる複数のキャリア補間フィルタを有し、前記雑音除去後の伝送路特性に対するキャリア方向の補間を、前記複数のキャリア補間フィルタのそれぞれによって行い、その結果を、キャリア方向に補間された複数の伝送路特性として出力するキャリア補間部と、

前記所定の周波数帯域又はその一部において、前記キャリア方向に補間された複数の伝送路特性間の差異を検出する差異検出部と、

前記差異検出部における検出結果に従って、前記キャリア方向に補間された複数の伝送路特性の中から1つを選択して出力する選択部と、

前記選択部で選択された伝送路特性によって、前記周波数領域のOFDM信号に対する除算を行い、得られた結果を復調信号として出力する除算部とを備えるOFDM受信装置。

- [13] 請求項12に記載のOFDM受信装置において、

前記雑音除去部は、

入力された伝送路特性を逆フーリエ変換して、得られたインパルス応答を出力する逆フーリエ変換部と、

前記インパルス応答のうち、所定の大きさに満たないものを0ベクトルに置換して出力零置換部と、

前記零置換部の出力をフーリエ変換して出力するフーリエ変換部と、

前記フーリエ変換部の出力のうち、前記所定の周波数帯域についてはそのまま出力し、前記所定の周波数帯域以外の周波数帯域については、前記逆フーリエ変換部に入力された伝送路特性に置換して出力する端部置換部とを有するものであることを特徴とするOFDM受信装置。

- [14] 振幅及び位相が既知であるパイロット信号を伝送するOFDM信号を受信し復調するOFDM受信方法であって、

前記受信されたOFDM信号がフーリエ変換されて得られた周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって補間前の伝送路特性を算出し、前記補間前の伝送路特性に対して、互いに特性が異なる複数のフィルタによる補間を行い、前記複数のフィルタのそれぞれによって得られた補間結果に基づいて、複数の補間後の伝送路特性を求める伝送路特性推定ステップと、

前記複数の補間後の伝送路特性によって、前記周波数領域のOFDM信号に対して波形等化を行い、前記複数の補間後の伝送路特性のそれぞれに対応した波形等化結果に基づいて、複数の復調信号を求める等化ステップと、

前記複数の復調信号の中から、品質が最も良好なものを判定する判定ステップと、

前記判定の結果に従って、前記複数の復調信号の中から1つを選択する選択ステップと

を備えるOFDM受信方法。

- [15] 振幅及び位相が既知であるパイロット信号を伝送するOFDM信号を受信し復調するOFDM受信方法であって、

前記受信されたOFDM信号がフーリエ変換されて得られた周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって補間前の伝送路特性を算出する伝送路特性算出ステップと、

前記補間前の伝送路特性に対するシンボル方向の補間を、互いに通過帯域の異なる複数のフィルタのそれぞれによって行い、その結果を、シンボル方向に補間された複数の伝送路特性として求めるシンボル補間ステップと、

前記周波数領域のOFDM信号に対する波形等化を、前記シンボル方向に補間さ

れた複数の伝送路特性のそれぞれによって行い、その結果に基づいて、複数の復調信号を求める等化ステップと、

前記複数の復調信号の中から、品質が最も良好なものを判定する判定ステップと、
前記判定結果に従って、前記シンボル方向に補間された複数の伝送路特性の中から、1つを選択する選択ステップと、

前記選択ステップで選択された伝送路特性に対してキャリア方向の補間を行って、キャリア方向に補間された伝送路特性を求めるキャリア補間ステップと、

前記キャリア方向に補間された伝送路特性によって、前記周波数領域のOFDM信号に対する除算を行い、得られた結果を復調信号として求める除算ステップと
を備えるOFDM受信方法。

[16] 振幅及び位相が既知であるパイロット信号を伝送するOFDM信号を受信し復調するOFDM受信方法であって、

前記受信されたOFDM信号がフーリエ変換されて得られた周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって補間前の伝送路特性を算出する伝送路特性算出ステップと、

前記補間前の伝送路特性から、所定の周波数帯域における雑音の除去を行い、得られた雑音除去後の伝送路特性を求める雑音除去ステップと、

前記雑音除去後の伝送路特性に対して、シンボル方向の補間を行い、シンボル方向に補間された伝送路特性を求めるシンボル補間ステップと、

前記シンボル方向に補間された伝送路特性に対するキャリア方向の補間を、互いに通過帯域の異なる複数のキャリア補間フィルタのそれぞれによって行い、その結果を、キャリア方向に補間された複数の伝送路特性として求めるキャリア補間ステップと、

前記所定の周波数帯域又はその一部において、前記キャリア方向に補間された複数の伝送路特性間の差異を検出する差異検出ステップと、

前記差異検出ステップにおける検出結果に従って、前記キャリア方向に補間された複数の伝送路特性の中から1つを選択する選択ステップと、

前記選択ステップで選択された伝送路特性によって、前記周波数領域のOFDM

信号に対する除算を行い、得られた結果を復調信号として求める除算ステップとを備えるOFDM受信方法。

- [17] 振幅及び位相が既知であるパイロット信号を伝送するOFDM信号を受信し復調するOFDM受信方法であって、

前記受信されたOFDM信号がフーリエ変換されて得られた周波数領域のOFDM信号と前記パイロット信号との間の演算によって補間前の伝送路特性を算出する伝送路特性算出ステップと、

前記補間前の伝送路特性に対して、シンボル方向の補間を行い、シンボル方向に補間された伝送路特性を求めるシンボル補間ステップと、

前記シンボル方向に補間された伝送路特性から、所定の周波数帯域における雑音の除去を行い、得られた雑音除去後の伝送路特性を求める雑音除去ステップと、

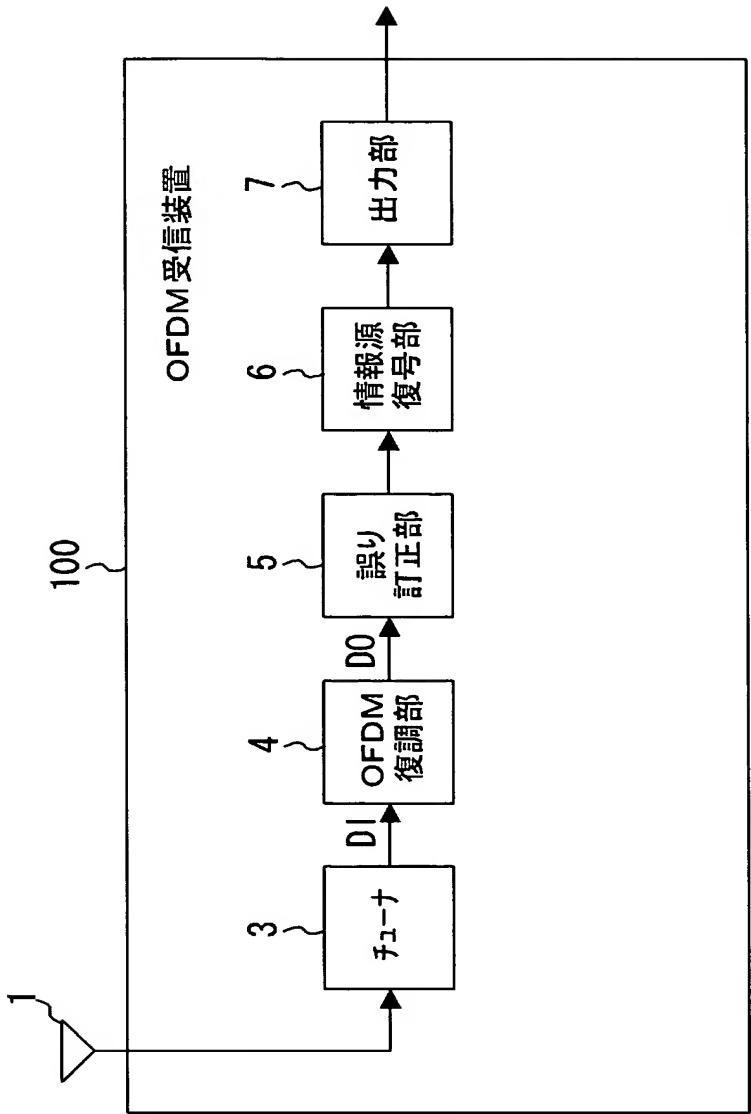
前記雑音除去後の伝送路特性に対するキャリア方向の補間を、互いに通過帯域の異なる複数のキャリア補間フィルタのそれぞれによって行い、その結果を、キャリア方向に補間された複数の伝送路特性として求めるキャリア補間ステップと、

前記所定の周波数帯域又はその一部において、前記キャリア方向に補間された複数の伝送路特性間の差異を検出する差異検出ステップと、

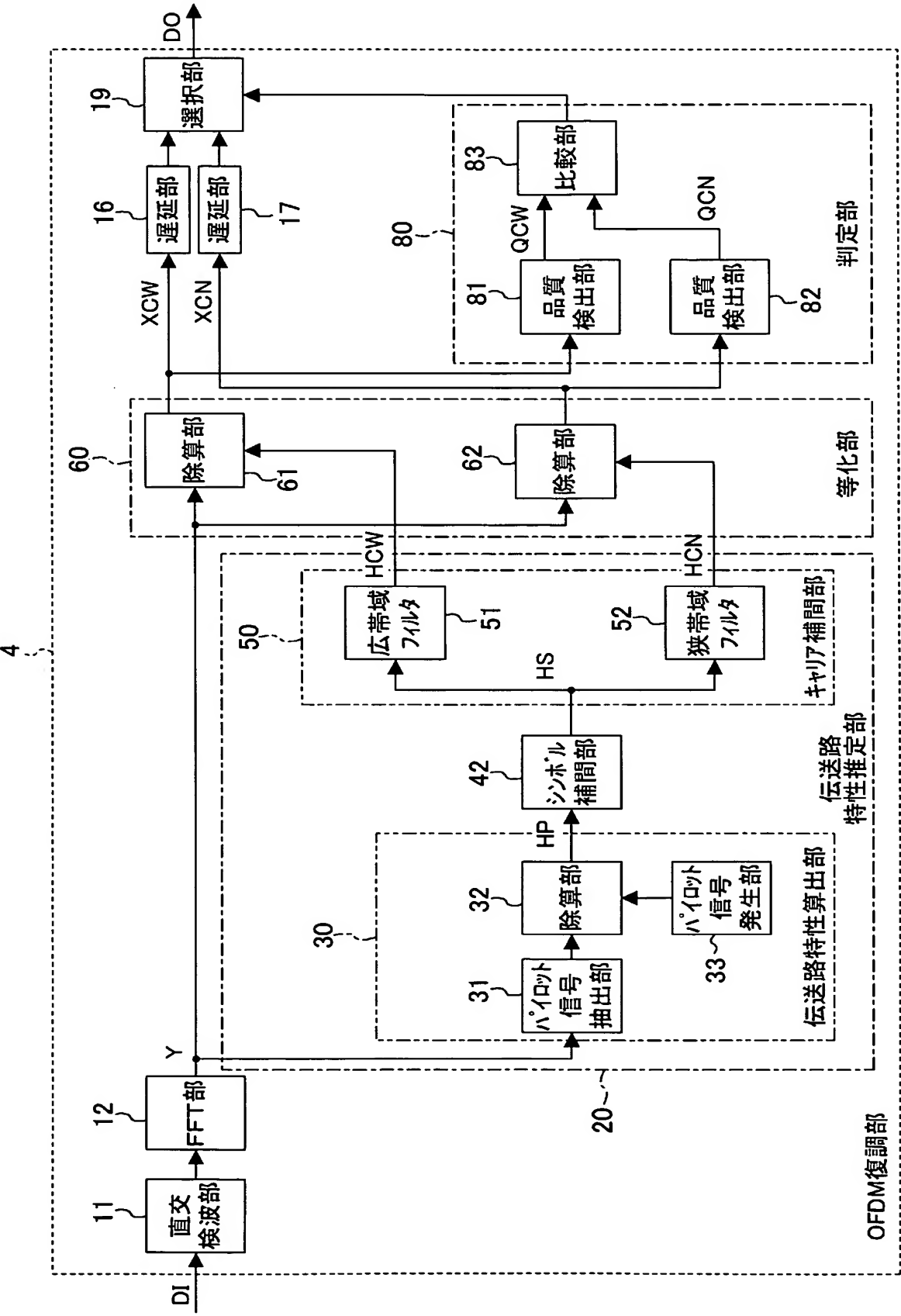
前記差異検出ステップにおける検出結果に従って、前記キャリア方向に補間された複数の伝送路特性の中から1つを選択する選択ステップと、

前記選択ステップで選択された伝送路特性によって、前記周波数領域のOFDM信号に対する除算を行い、得られた結果を復調信号として求める除算ステップとを備えるOFDM受信方法。

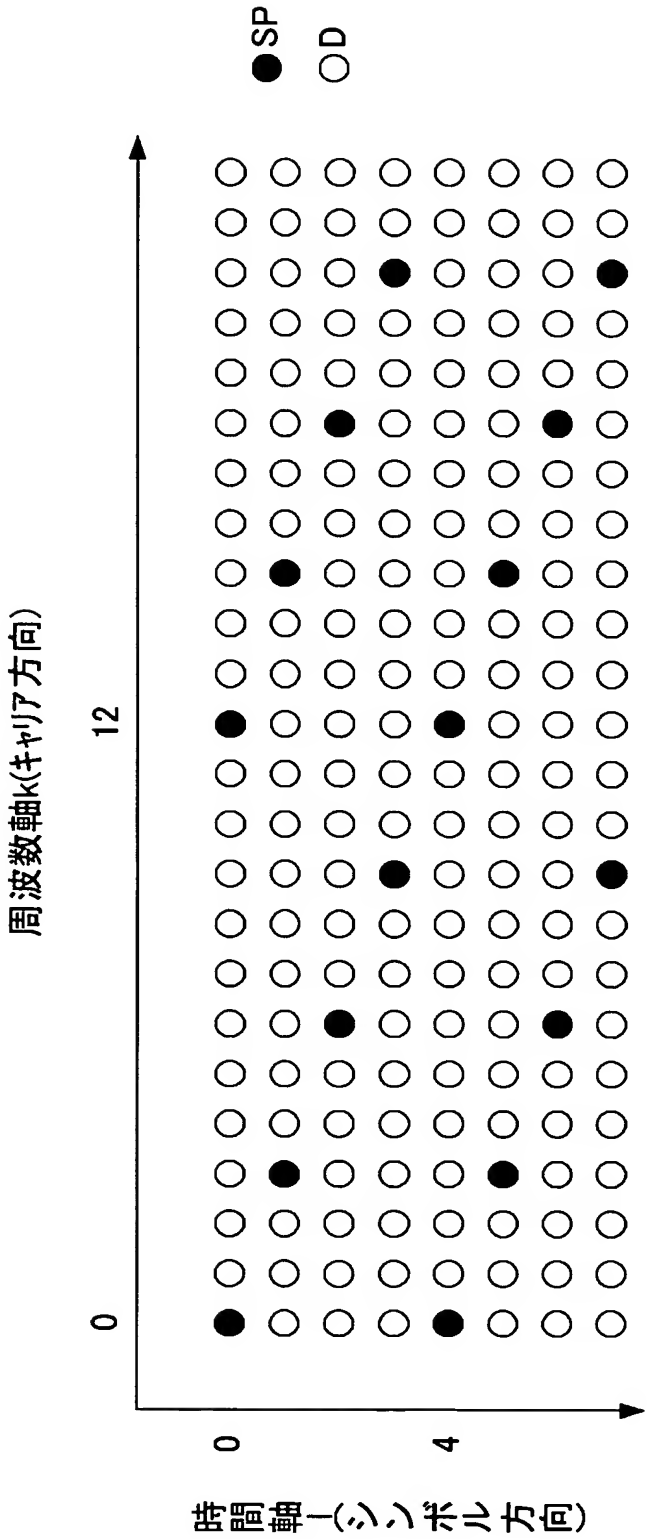
[図1]



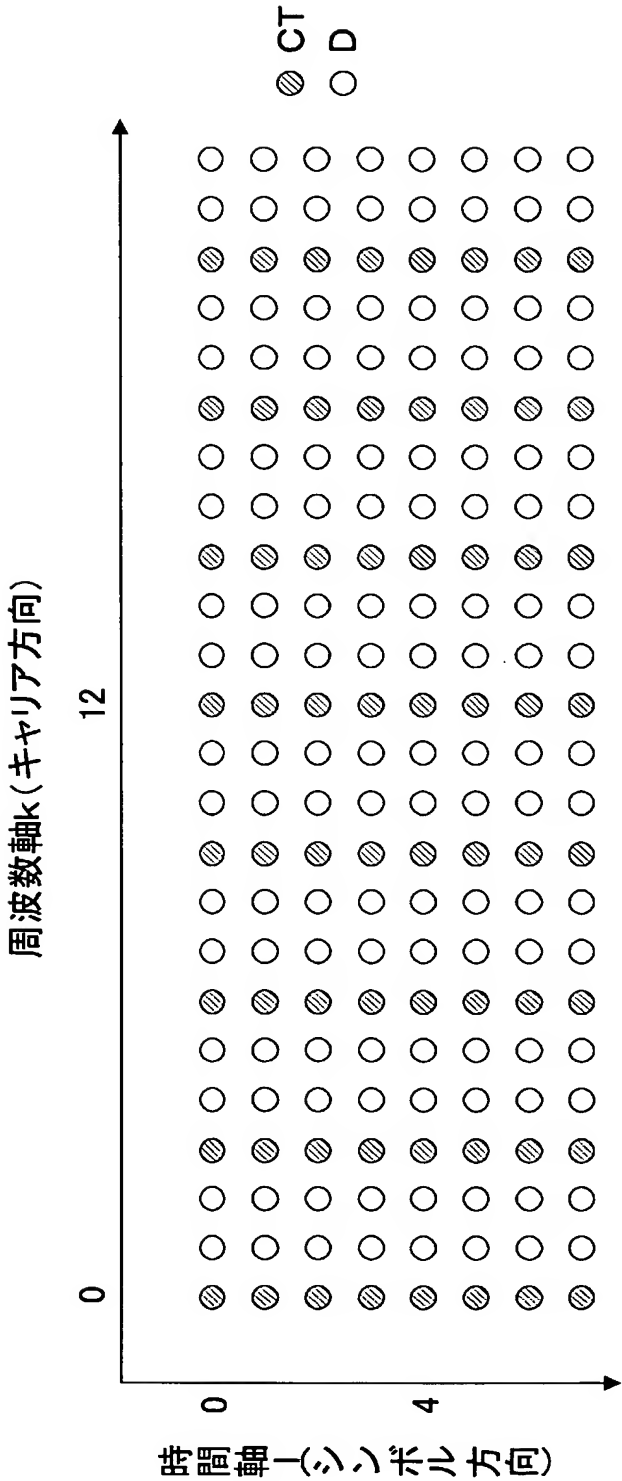
[図2]



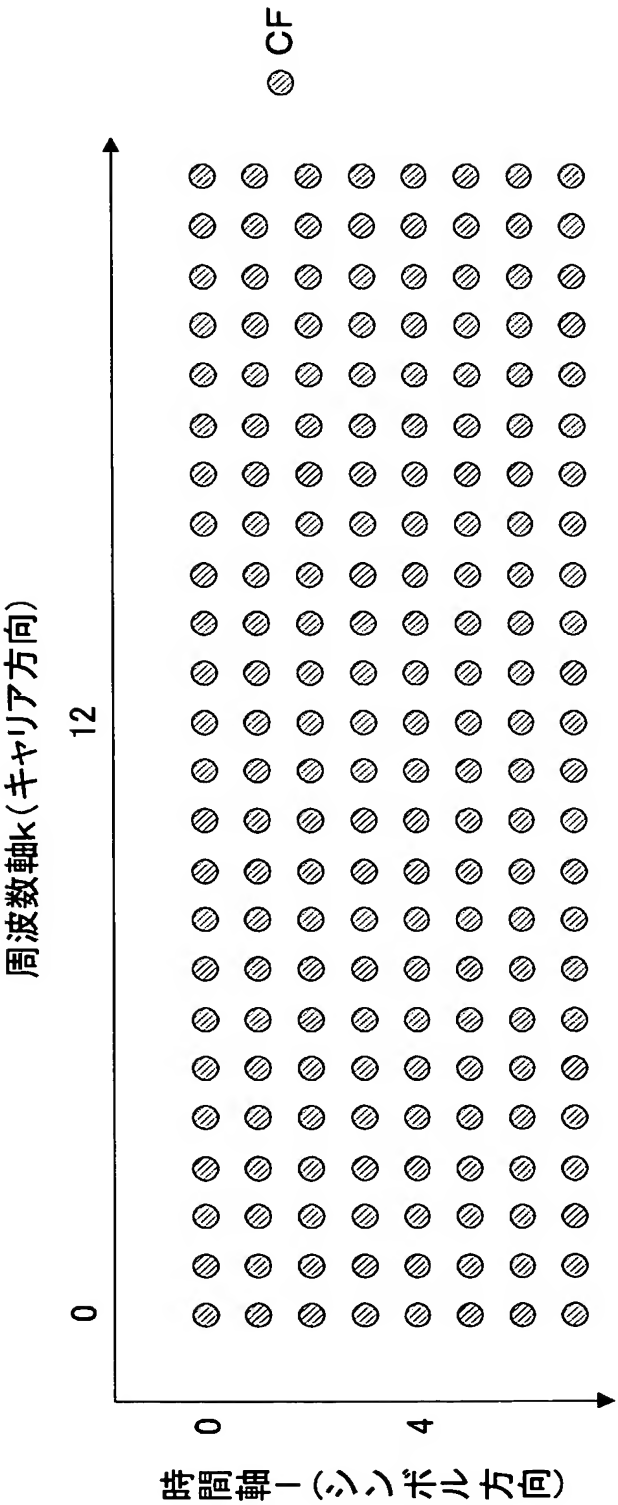
[図3]



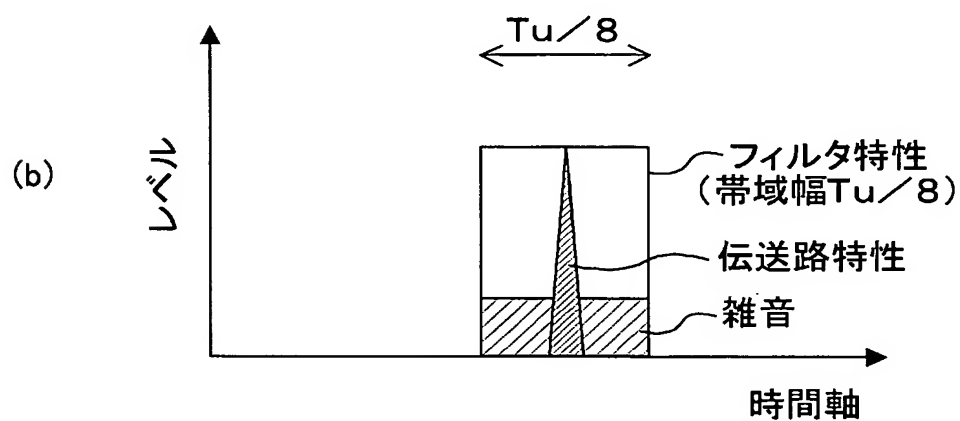
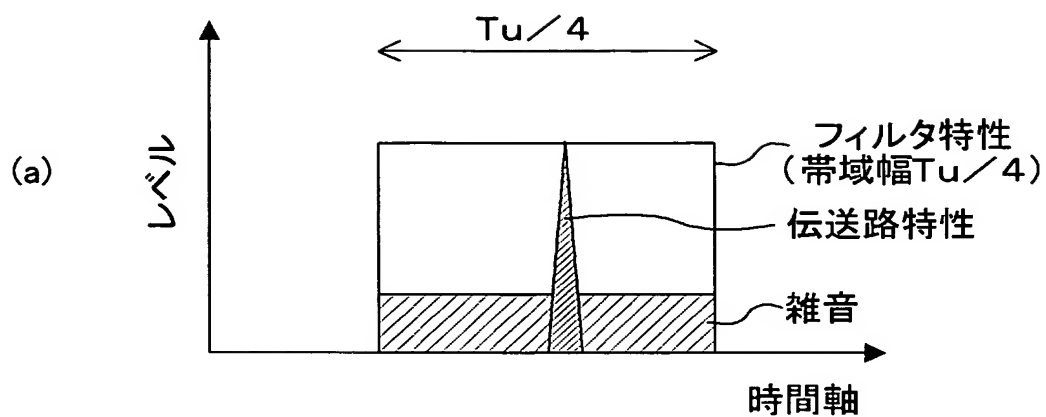
[図4]



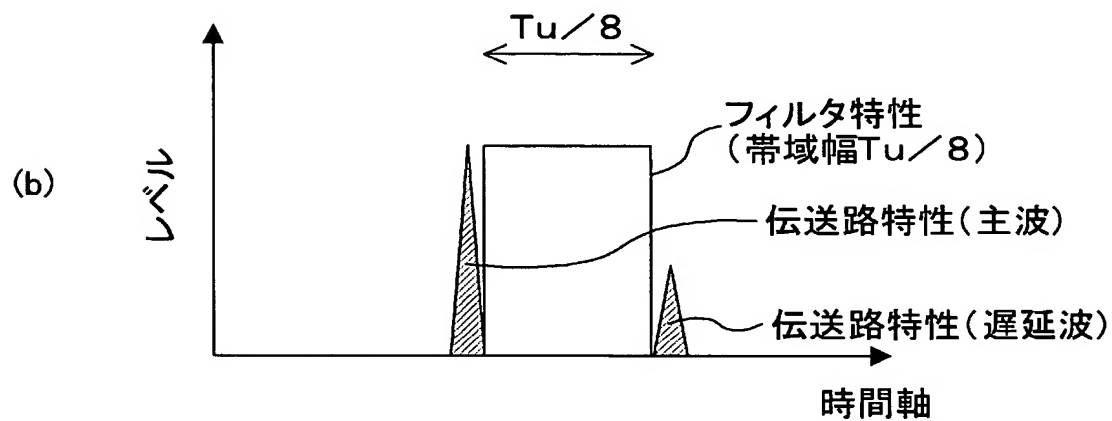
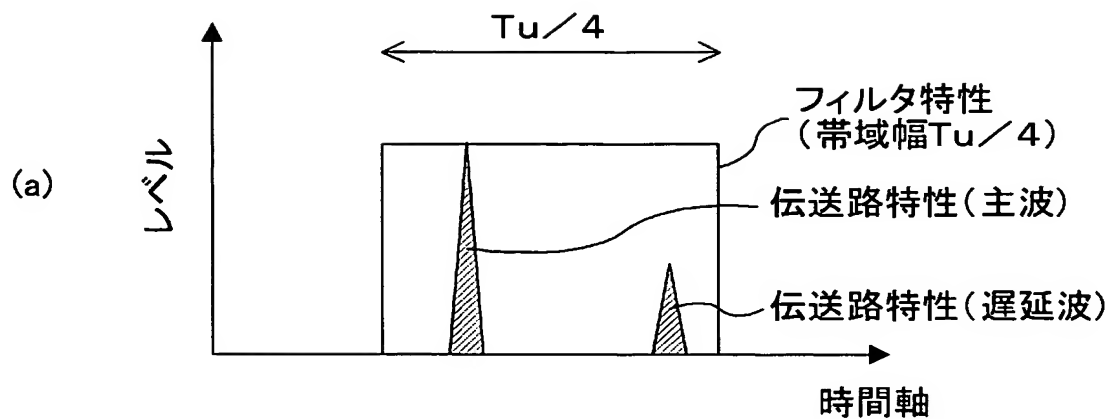
[図5]



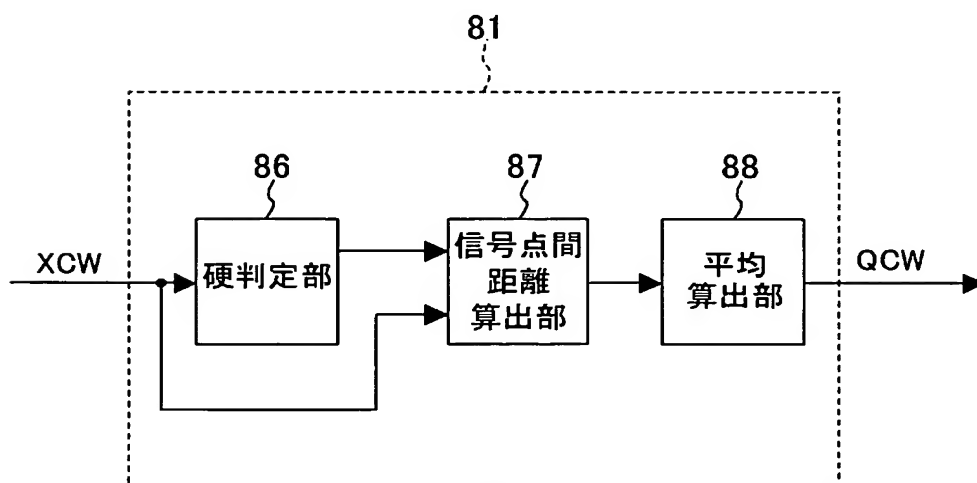
[図6]



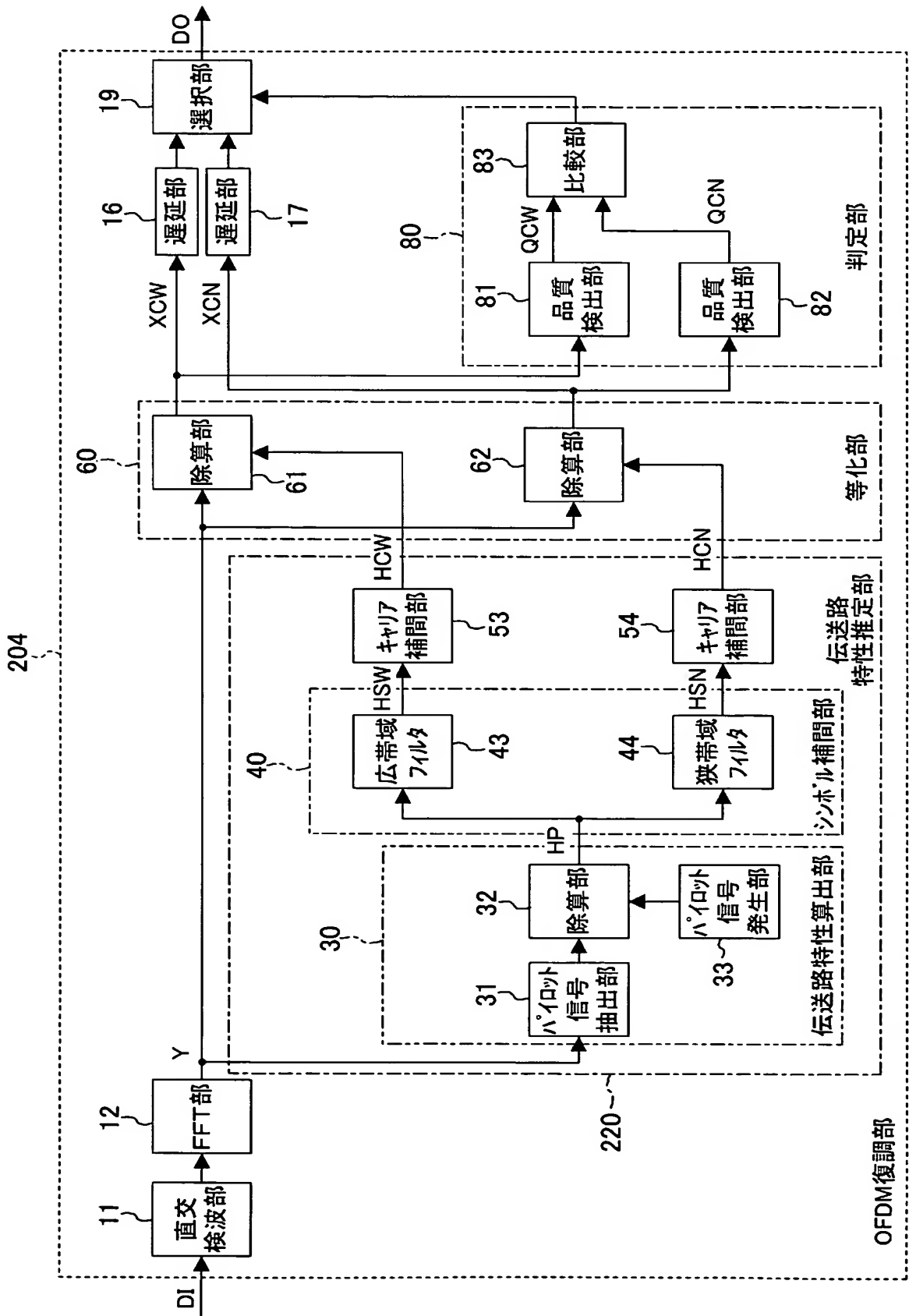
[図7]



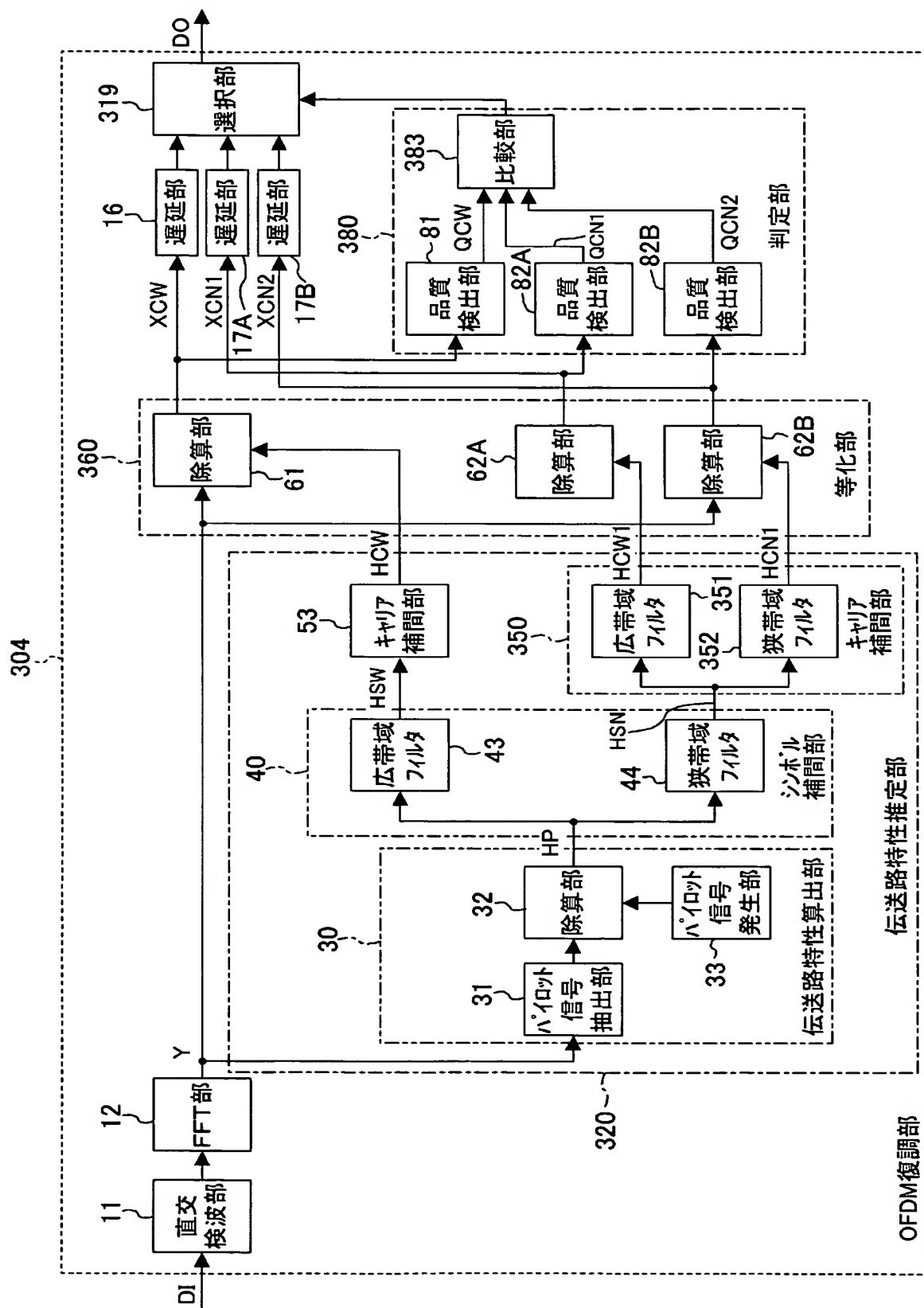
[図8]



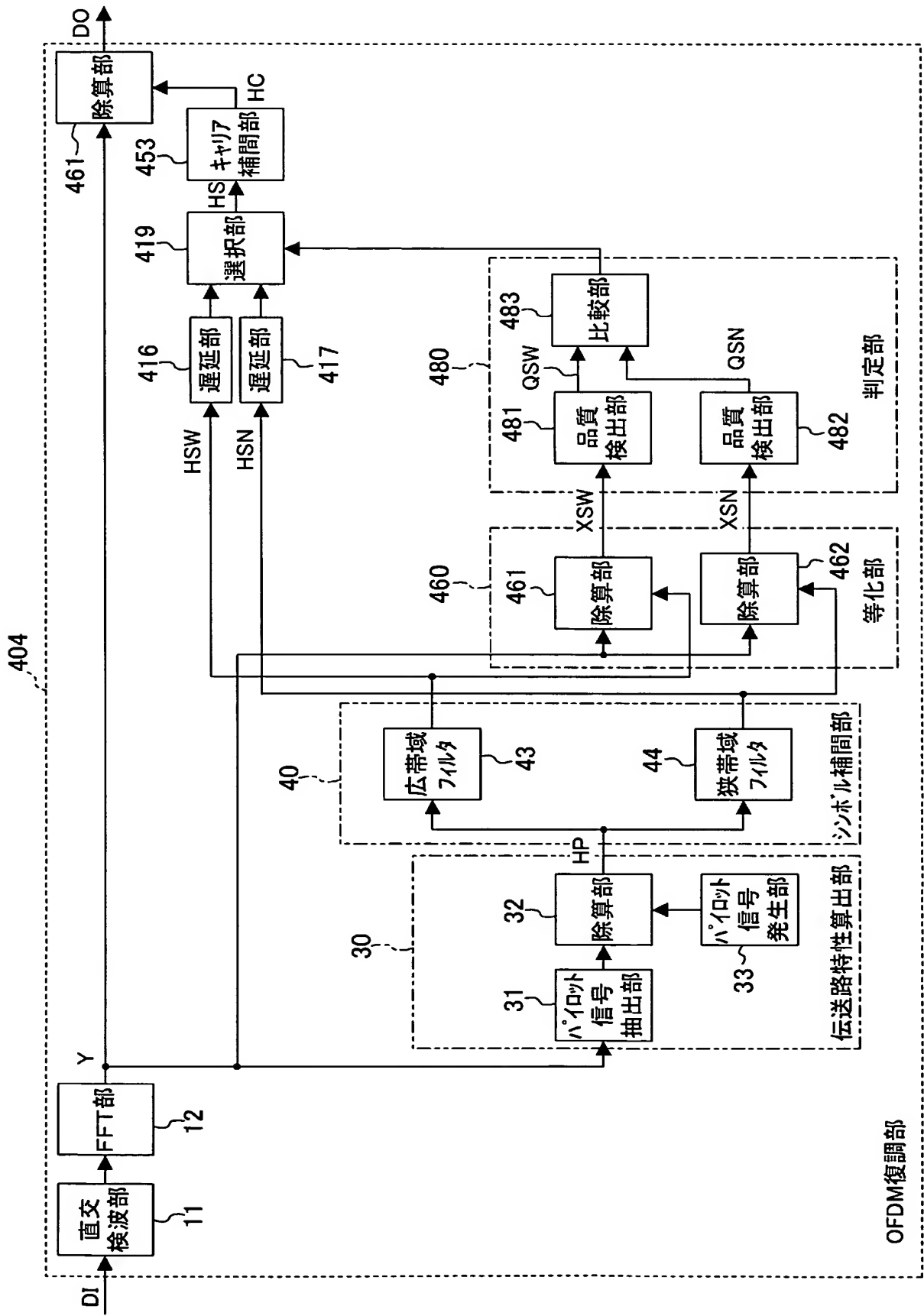
[図9]



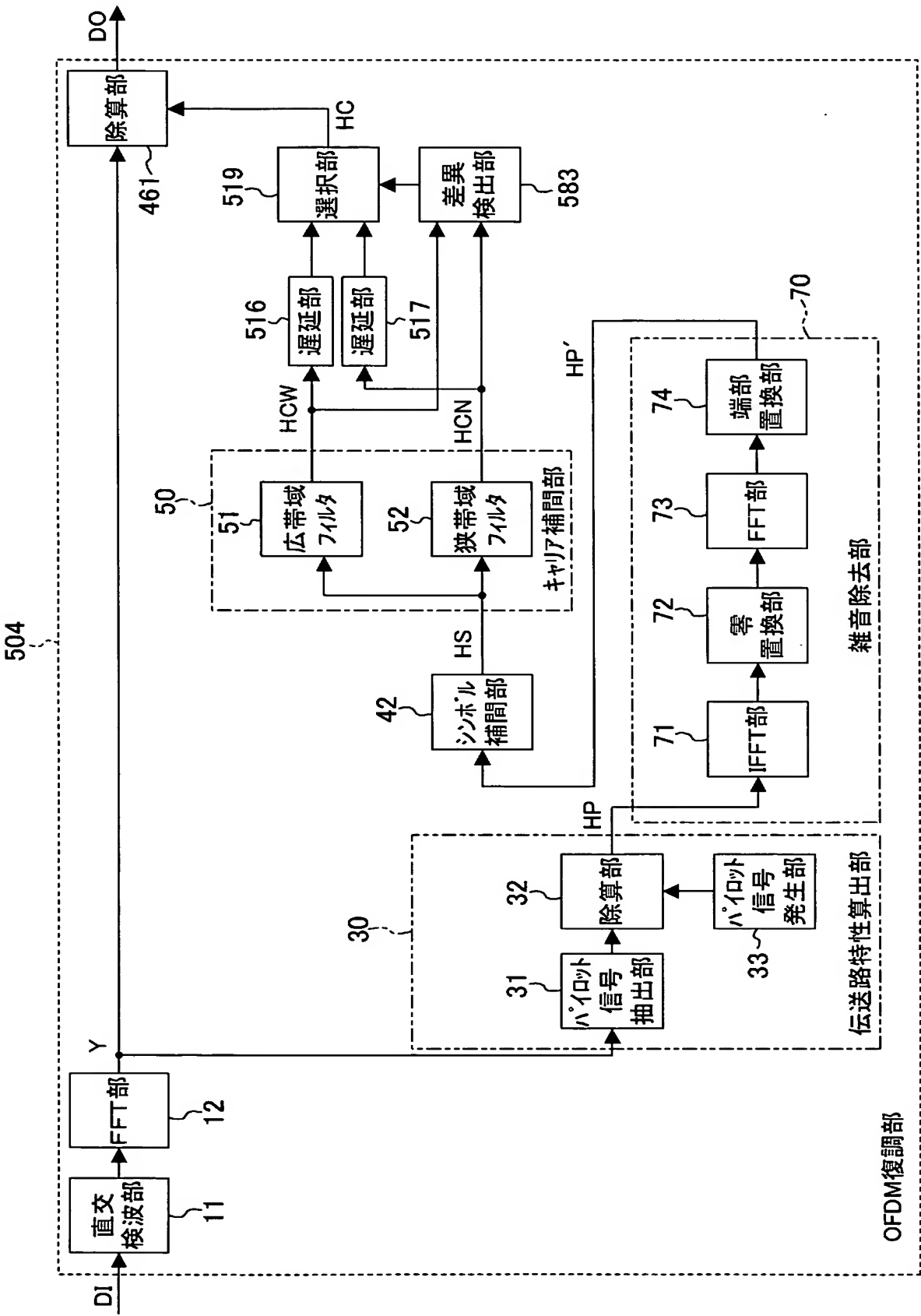
[図10]



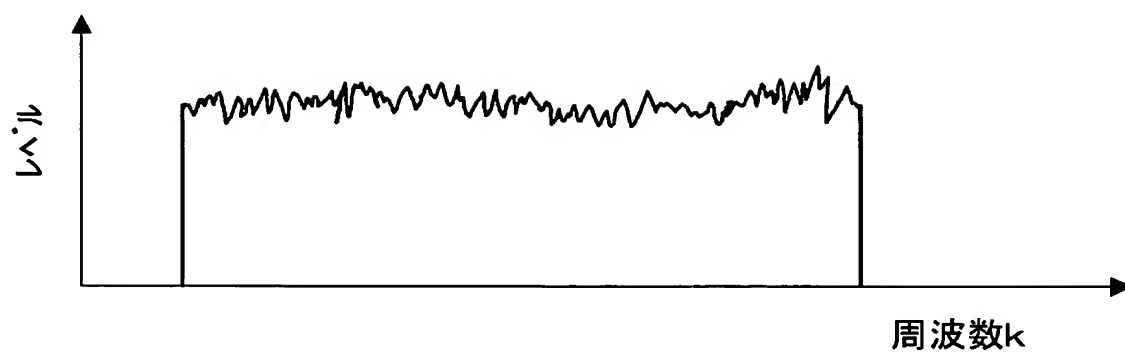
[図11]



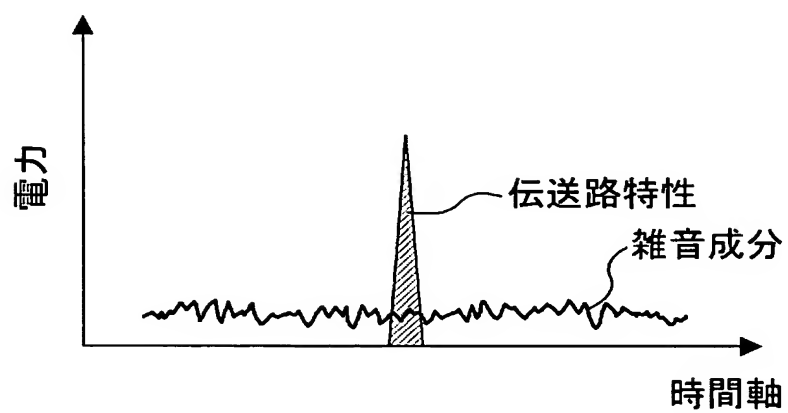
[図12]



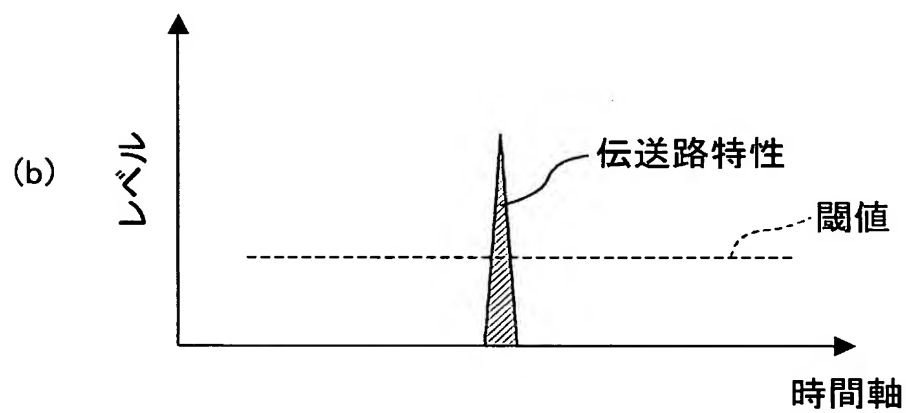
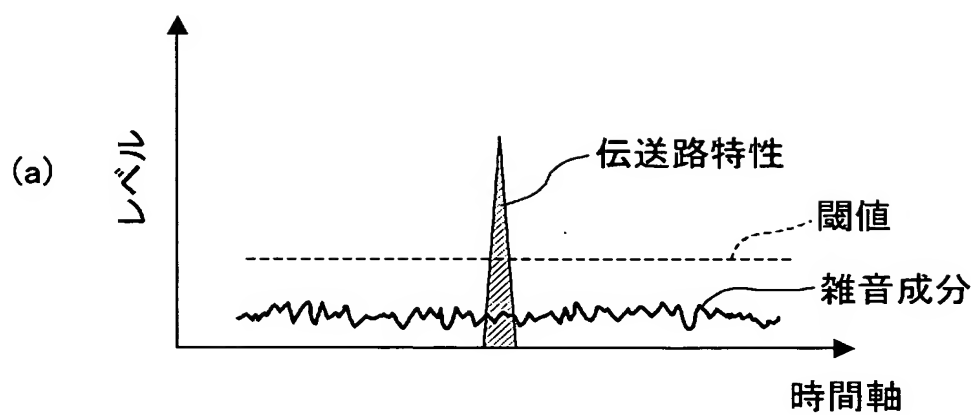
[図13]



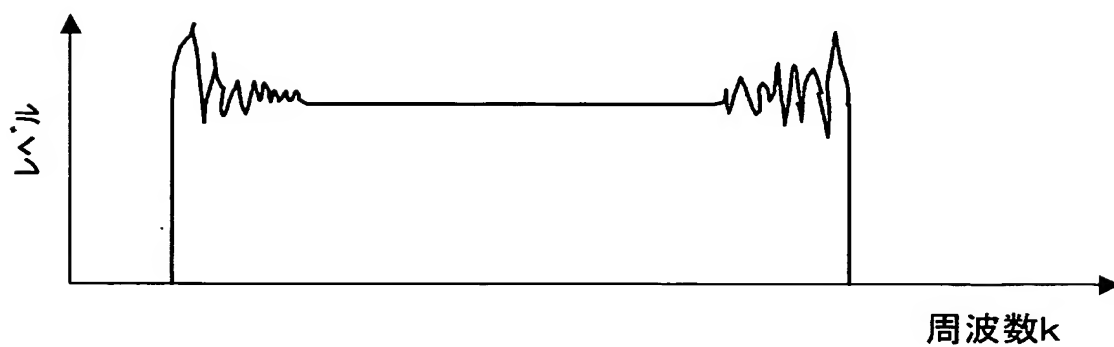
[図14]



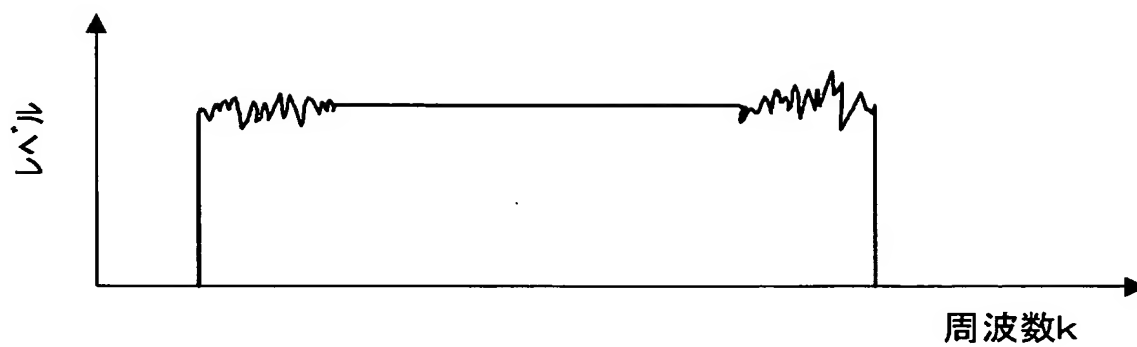
[図15]



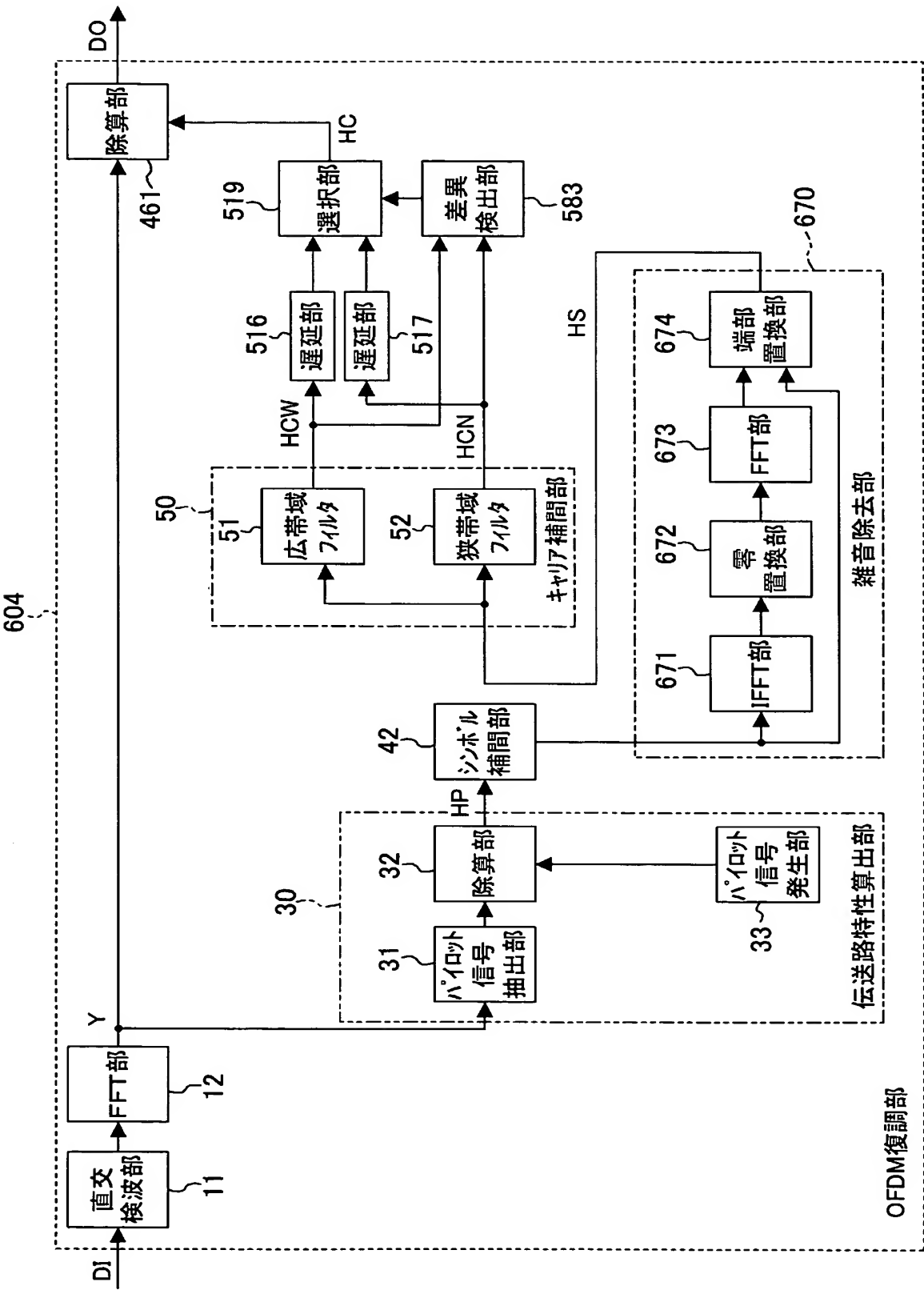
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/008431

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl.⁷ H04J11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.⁷ H04J11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP H10-75226 A (Advanced Digital Television Broadcasting Laboratory), 17 March, 1998 (17.03.98), Figs. 1, 2, 4 (Family: none)	1-10, 12, 14-17 11, 13
Y A	JP 2000-59267 A (Canon Inc.), 25 February, 2000 (25.02.00), Full text; all drawings & EP 963056 A2 08 December, 1999 (08.12.99), & CN 1241069 A 12 January, 2000 (12.01.00)	1-10, 12, 14-17 11, 13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 July, 2005 (21.07.05)Date of mailing of the international search report
09 August, 2005 (09.08.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/008431

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	Chihiro FUJITA et al., "MC-CDMA Nobori Kaisen ni Okeru MMSE Gosei o Mochiita Multi User Kansho Yokuatsu", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Gijutsu Kenkyu Hokoku, RCS2001-177, 20 November, 2001 (20.11.01), pages 1 to 6	10,12,16,17 1-9,11,13-15
A	JP H10-257013 A (Toshiba Corp.), 25 September, 1998 (25.09.98), Fig. 1 & US 6219334 B1 17 April, 2001 (17.04.01)	1-17
A	JP H11-163822 A (Advanced Digital Television Broadcasting Laboratory), 18 June, 1999 (18.06.99), Figs. 1, 4 (Family: none)	1-17
A	JP 2001-189768 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 10 July, 2001 (10.07.01), Par. Nos. [0075], [0076] (Family: none)	1-17
P,A	JP 2005-045628 A (Fujitsu Ltd.), 17 February, 2005 (17.02.05), Full text; all drawings (Family: none)	10,12,16,17 1-9,11,13-15

BEST AVAILABLE COPY

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2005/008431

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H04J11/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H04J11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP H10-75226 A, (株式会社次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所), 1998. 03. 17, 図 1, 2, 4, (ファミリーなし)	1-10, 12, 14-17 11, 13
Y A	JP 2000-59267 A, (キヤノン株式会社), 2000. 02. 25, 全文全図, & EP 963056 A2, 1999. 12. 08, & CN 1241069 A, 2000. 01. 12	1-10, 12, 14-17 11, 13

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21. 07. 2005

国際調査報告の発送日

09. 8. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

石井 研一

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

5K

3251

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	藤田千裕 外2名, MC-CDMA上り回線におけるMMSE合成 を用いたマルチユーザ干渉抑圧, 電子情報通信学会技術研究報 RCS2001-177, 2001. 11. 20, p. 1-6	10, 12, 16, 17 1-9, 11, 13-15
A	JP H10-257013 A , (株式会社東芝) , 1998. 09. 25, 第1図, & US 6219334 B1 , 2001. 04. 17	1-17
A	JP H11-163822 A , (株式会社次世代デジタルテレビジョン放送シ ステム研究所) , 1999. 06. 18, 図1, 4, (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2001-189768 A , (松下電器産業株式会社) , 2001. 07. 10, 段落 【0075】 , 【0076】 , (ファミリーなし)	1-17
PA	JP 2005-045628 A , (富士通株式会社) , 2005. 02. 17, 全文全図, (ファミリーなし)	10, 12, 16, 17 1-9, 11, 13-15

BEST AVAILABLE COPY